LIBRARY
BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES
U. S. FISH AND WILDLIFE SERVICE
P. O. BOX 3830
HONOLULU 12, HAWAII

PERIODICAL
MIE. UNIV.
FAC. OF
FISH.
REPORT
V. 3
1958 - 60

DATE OF MAGAZINE	BORROWER'S NAME	TIME DUE

PERIODICAL

MIE. UNIV. FAC.
OF FISH.
REPORT

V. 3
1958 - 60

LIBRARY
BUREAU OF COMMERCIAL FISHERIES
U. S. FISH AND WILDLIFE SERVICE
P. O. BOX 3830
HONOLULU 12, HAWAII

REPORT
OF
THE FACULTY OF FISHERIES
PREFECTURAL UNIVERSITY OF MIE

VOL. 3

Comprising 3 numbers, 48 articles, 757 pages,
35 plates, 334 figures, 191 tables

(1958—1960)

Mie. Univ. Fac. of Fish. Report

3125

V. 3
1958-60

The Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie
Tsu, Mie Prefecture, Japan

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/report-faculty-fisheries-university-mie_1958-10_3_1

CONTENTS

Vol. 3 No. 1 *October, 1958* Pages

Masato MIYAKE, Yoshishige HORIGUCHI and Koichiro HAYASHI: Studies on Fish Meat Jellies–III. Extractability of Structure Proteins in Fish Muscle and Relation between the Proteins and Elasticity of the Meat Jellies 1–7

Masato MIYAKE and Koichiro HAYASHI: Studies on Fish Meat Jellies–IV. Denaturation of Fish Actomyosin by Comminution 8–16

Yaichiro OKADA and Kiyoshi SUZUKI: Ecological Studies of the Ma-anago, *Astroconger myriaster* (BREVOORT). II. Notes on the Circulii of the Otolith of the Ma-anago in Ise Bay...... 17–25

Yaichiro OKADA and Koichiro MORI: Ecological Study of *Salangichthys microdon* in Breeding Season. II. Development of the "White fish," *Salangichthys microdon*...................... 26–28

Sueo M. SHIINO: Note on the Bopyrid Fauna of Japan.................. 29–73

Sueo M. SHIINO: Copepods Parasitic on Japanese Fishes. 17. Lernaeidae 75–100

Jihei KONISHI: On the Sweet Taste Sensation 101–103

Nobu Yuki KAWAMOTO: Fresh Water Fish Culture from the Physiological Point of View–I. Influences of Ammonia Nitrogen excreted by Fishes on their Growth in the Culture Ponds 104–121

Takashi ITO and Toshio IWAI: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. VIII. "Mizukawari" Phenomena occurred in Six Eel-culture Ponds near Tsu City, Mie Prefecture in 1955 122–158

Takashi ITO and Toshio IWAI: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. IX. On a "Mizukawari" occurred in Winter Time 159–169

Takashi ITO: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. X. The Density of Dormant Eggs of *Rotifer* on Bottom Deposits in Eel-culture Ponds 170–177

Takashi ITO: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. XI. The Hatching Activity of Dormant Eggs of *Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER 178–192

Takashi ITO and Toshio IWAI: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. XII. The Relation between the Dynamics of Zooplankton and "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. 193–208

Takashi Ito and Toshio Iwai: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds. XIII. Artificial Fertilization of a Brackish-Water Fish Pond.................................209–222
Chihiro Miyazaki: Fishing Capacity of the Small Trawl Fishing in Ise Bay 223–235
Toshio Segi and Washiro Kida: Studies on the Development of *Undaria undarioides* (Yendo) Okamura (II). On the Development of Sporophytes and Influence of Light Intensity on it...236–246
Tokuro Nonoda: Preliminary Note on the Behaviors of Anchovy Schools 247–249

Vol. 3 No. 2 *November, 1959*

Toshio Segi: On the Type Specimens of *Porphyra tenera* Kjellman and *Gelidium amansii* Lamouroux 251–255
Toshio Segi: Further Study of *Polysiphonia* from Japan (I) 257–265
Sueo M. Shiino: Ostpazifische Parasitierende Copepoden................267–333
Sueo M. Shiino: Sammlung der parasitischen Copepoden in der Präfekturuniversität von Mie 334–374
Hisayoshi Tanuma, Takashi Takahashi, Manabe Kitamikado and Shinko Tachino: Studies on the Brewer's grains of Glutamic acid Fermentation with *G*-Microorganisms for Fish farming Feed 375–380
Yoshishige Horiguchi: Biochemical Studies on *Pteria* (*Pinctada*) *martensii* (Dunker) and *Hyriopsis schlegelii* (V. Martens). V. Studies on Absorption, Excretion and Renewal of Ca in *Pteria* (*Pinctada*) *martensii* (Dunker) using ^{45}Ca 381–390
Yoshishige Horiguchi: Biochemical Studies on *Pteria* (*Pinctada*) *martensii* (Dunker) and *Hyriopsis schlegelii* (V. Martens). VI. On the Dynamic Calcium and Inert One in Each Tissue of *Hyriopsis schlegelii* (V. Martens)..................391–398
Yoshishige Horiguchi: Biochemical Studies on *Pteria* (*Pinctada*) *martensii* (Dunker) and *Hyriopsis schlegelii* (V. Martens). VII. On the Separation and Purification of Sulfomucopolysaccharide and Detection of its Component Sugars 399–406
Fukuzo Uyeno: Quantitative Studies on the Abundance and the Seasons of Bloom of Some Important Diatom Species in the Neighbouring Sea of Japan.—Analysis on the Data of "Plankton Journal"— 407–435

Takashi ITO and Toshio IWAI: Three Acid Eel-Culture Ponds in Shima, Mie Prefecture, Middle Japan 436–450
Takashi ITO and Toshio IWAI: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds–XVI. On the "Mizukawari" Phenomenon accompanied with the Explosive Occurrence of *Dinoflagellata* 451–459
Takashi ITO and Toshio IWAI: Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds–XVII. On the "Mizukawari" Phenomenon accompanied with the Explosive Growth of *Paramecium* 460–470

Vol. 3 No. 3 *December, 1960*

Sueo M. SHIINO: Copepods Parasitic on the Fishes Collected on the Coast of Province Shima, Japan 471–500
Sueo M. SHIINO: Copepods Parasitic on Fishes from Seto, Province Kii, Japan....................501–517
Sueo M. SHIINO: Two New Parasitic Copepods belonging to a New Genus *Prochondracanthopsis* (Chondracanthidae) 518–526
Sueo M. SHIINO: Parasitic Copepods of Fishes from the Eastern Pacific....................527–541
Sueo M. SHIINO: Copepods Parasitic on Remoras from the Bay of Bengal 542–552
Nobu Yuki KAWAMOTO: On the Form and Size of the Swimbladder of Goldfish (*Carassius auratus*)....................553–564
Tatuo KAWAHARA: Analysis of Ecological Phenomena in the Community of Sessile Organisms. (1) Extinction of *Bugula neritina* LINNÉ and *Styela plicata* (LESUEUR) from the Community 565–572
Tatuo KAWAHARA: Analysis of Ecological Phenomena in the Community of Sessile Organisms. (2) Growth, Maturation and Propagation in *Bugula neritina* LINNÉ 573–581
Tatuo KAWAHARA and Hirosi IIJIMA: On the Constitution of Marine Fouling Communities at Various Depths in Ago Bay........582–594
Yaichiro OKADA and Ryuzo SANO: Taxonomical Consideration on the Fishes Referable to the Genus *Chlorophthalmus*...........595–607
Toshio SEGI: Further Study of *Polysiphonia* from Japan (II) 608–626
Tadao SATOH: Purification of Edible Oyster....................627–632
Takashi TAKAHASHI: On the Acid Value and Color of the Liver Oil of Cuttle fish, *Ommastrephes sloani pacificus*...............633–640
Hiroshi MIYAZAWA, Manabu KITAMIKADO, Takashi TAKAHASHI and Shinkô TACHINO: Fundamental Studies on Fish Farming Food (1)....................641–648

Takashi Ito and Toshio Iwai: Studies on the "Mizukawari" in Eel-Culture Ponds–XIX. The Effect of Sea Water Supply upon the Plankton in Mixohaline Eel-Culture Pond..........649–655

Takashi Ito, Toshio Iwai and Yasuhiko Akamine: Studies on the "Mizukawari" in Eel-Culture Ponds–XX. The Effect of Winter Drainage upon the Plankton and Formation of the Plankton Community after the Water-Renewal in Eel-Culture Ponds..........656–679

Takashi Ito, Toshio Iwai and Atutada Niwa: Studies on the "Mizukawari" in Eel-Culture Ponds–XXI. The Comparison between Eel-Culture Ponds and Natural Fish Ponds..........680–707

Takashi Ito: On the Culture of Mixahaline Rotifer *Brachionus plicatilis* O. F. Müller in the Sea Water..........708–740

Toshio Iwai: The Distribution of *Microcystis* in Mixahaline Eel-Culture Ponds, with Special Reference to Effects of Salinity, Temperature and Nutrients upon the Growth......741–757

PRINTED BY
KOKUSAI BUNKEN INSATSUSHA
SHINJUKU-KU TOKYO

Report of Faculty of Fisheries.
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

Studies on Fish Meat Jellies—III

Extractability of Structure Proteins in Fish Muscle and Relation between the Proteins and Elasticity of the Meat Jellies*

(*With 1 Figure and 2 Tables*)

MASATO MIYAKE, YOSHISHIGE HORIGUCHI
and KOICHIRO HAYASHI
Faculy of Fisheries, Prefectural University of Mie

The fish meat jellies, or "Kamaboko and so on", which have been appreciated by Japanese because of their characteristic elasticity for a long time, are manufactured, heating the meat paste molded in a certain shape, after grinding the fish meat together with sodium chloride.

The elasticity, no doubt, is caused by proteins in the meat, and it was reported by the present authors[1] that myosin fraction** has a close relation with elasticity.

However, it has not been known what a characteristic role is played for the elasticity by individual protein of structure ones.

To begin with, the authors intended to clarify the role of each protein (myosin, actin, and actomyosin) for elasticity, by measuring the elasticity of the heated products of each protein which was extracted from the fish meat respectively; but they found it difficult to obtain suitable samples for the measurement of elasticity on account of their moisty sol hard to dehydrate without denaturation.

The plan which was devised next is as follows: it was our work to consider the relation between elasticity of meat jelly and the amount of each protein in it, after investigating the amount of each protein in various fish meats and the variations in the amount during comminution of meat.

Though there are some problems at present in dealing with these protein fractions quantitatively, the comparative values tolerable for the above consideration may be found, and the following experiments were carried out.

Experimental

Methods

Materials: All the fish used were purchased at Tsu Fish Market in Mie Prefecture in Winter and were fresh ones of post-rigor.

---

* Presented at the Annual Meeting of the Japanese Society of Scientific Fisheries, April 6, 1956.
** Obtained with 5 per cent sodium chloride by DYER's method[2].

Extraction: The fish meat from which the red muscle was eliminated was minced in a precooled meat grinder with small holes. Structure proteins were extracted by the methods described in "Chemistry of Muscular Contraction" by SZENT-GYÖRGYI[3]. To prevent a possible confusion due to the effect of interaction of structure proteins in case the extraction of each protein fraction is carried on independent sample respectively, the fractionation from one sample meat was done. Namely, myosin fraction and a part of actomyosin fraction were first extracted* with the acid phosphate-KCl of GUBA and STRAUB, remaining actomyosin fraction with WEBER-EDSALL solution and the remainder, actin fraction, by STRAUB method. Nitrogen content was estimated by semi-micro KJELDAHL method.

i) Myosin and actomyosin: 10 g. of minced muscle was suspended in 100 ml.** of 0°C. KCl phosphate, containing 0.3 M KCl and 0.15 M potassium phosphate of pH 6.5. The suspension was gently stirrred with a glass rod at 0°C. for 10 minutes and the suspension was strained through a fine cloth. The residue was used for the preparation of actomyosin and actin. To the fluid (with or without filtration through a Büchner funnel) 10 volumes of ice-cold water was added slowly, while stirring the solution strongly, and the suspension was set aside at 0°C. for 2 or 3 hours. Then the supernatant fluid was centrifuged possibly at 0°C. The pellet was dissolved in an equal volume of 0°C. 1.2 M KCl solution, and the solution was diluted to a final volume of 100 ml. by the addition of 0.6 M KCl.

After the solution was preliminary tested with ATP to remove the actomyosin present, the solution was diluted by adding three volumes of water of room temperature and the corresponding amount (50–80 mg. per 10 g. of meat) of ATP was added. The superprecipitated actomyosin was separated in the cooled centrifuge (**actomyosin**(S) **fraction**). The supernatant fluid was diluted with double the amount of water at 0°C., and the precipitated myosin was allowed to settled for a few hours in the ice box; after decantation of the water, the myosin was separated in the centrifuge (**myosin fraction**).

ii) Actomyosin (myosin B): The remaining muscle tissue (the muscle extracted with KCl phosphate and pressed out) was suspended in 3 volumes of WEBER-EDSALL solution (0.6 M KCl, 0.01 M Na_2CO_3, 0.04 M $NaHCO_3$), and the suspension was placed for 24 hours in the refrigerator. After diluting somewhat with 0.6 M KCl, the muscle particles were separated in the centrifuge (the muscle particles were used for the preparation of actin). On diluting the supernatant fluid with five volumes of 0°C. water to 0.1 M KCl, actomyosin precipitated (**actomyosin (W) fraction**).

---

* Consequently, there remains no myosin to associate with actin.

** In order to promote the extraction and filtration, a large quantity of the solution was used. And chemicals of high purity and glass-distilled water were used throughout.

iii) Actin: The muscle particle obtained above was suspended in 5 or more volumes of a 0.4 per cent $NaHCO_3$ solution of 22–25°C. and kept at this temperature with constant stirring for 30 minutes. After removing the fluid through a cloth, the residue was suspended in one volume of a cold solution containing 0.01 M $NaHCO_3$ and 0.01 M Na_2CO_3 at temperature below 10°C. After 10 minutes the mixture was diluted with 10 volumes of water of 22–25°C. and the fluid was pressed out through a cloth as fast as possible. The residue was weighed, and three volumes of acetone was added. Having stirred it at 22–25°C. for 10 minutes, the acetone was gently pressed out through a cloth and one-third of the former amount of acetone was added again, stirred for 10 minutes, pressed down and the residue was dried in air at room temperature.

After 5 to 10 hours of drying, actin was extracted from the dry muscle.

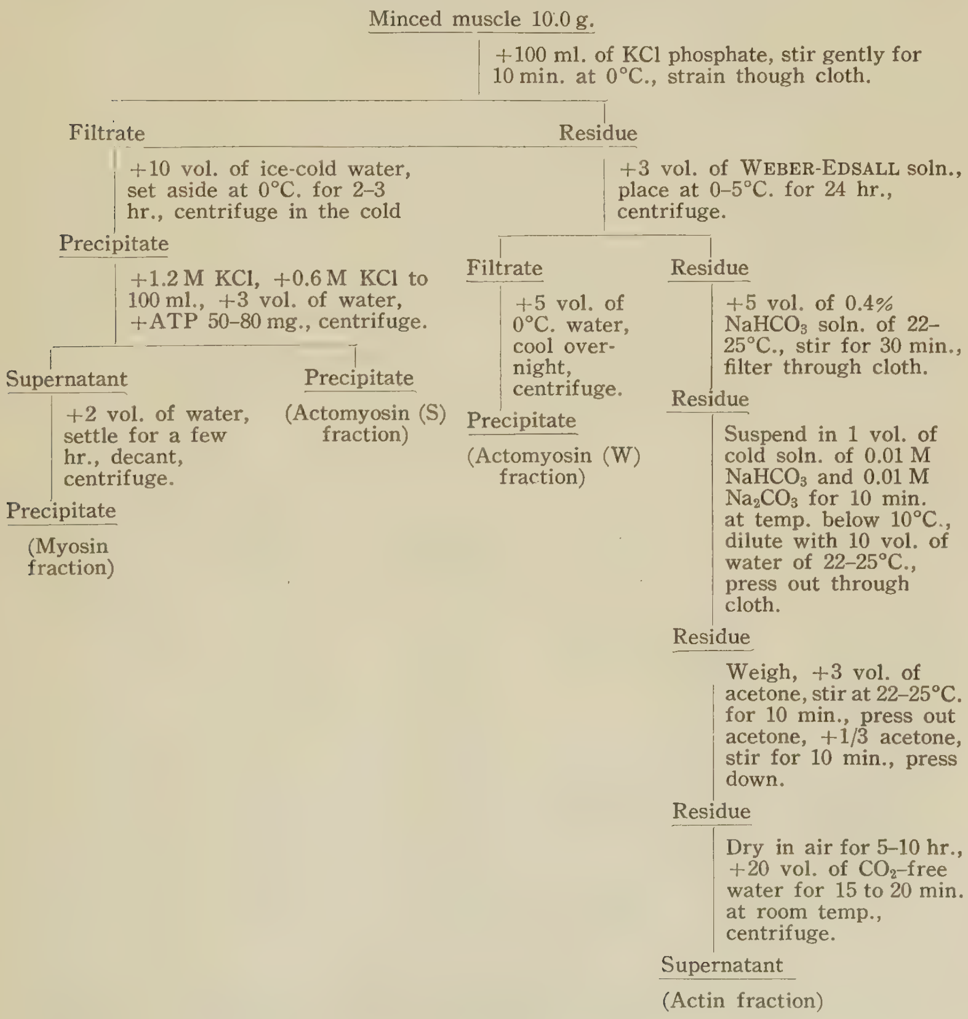


Fig. 1. Fractionation scheme of structure proteins.

One gram of dry powder was treated with 20 volumes of CO_2-free water for 15 to 20 minutes at room temperature. The solution of actin was sucked off through a Büchner funnel (**actin fraction**).

The scheme is given in Fig. 1.

Strictly speaking, it may be necessary to investigate whether these methods can be identically applied to fish materials and may be necessary to ascertain the extracted components, since the proteins in fish are known to differ somewhat from those in rabbit[4)5)] and the fractions may contain some impurities*. Furthermore, considerations will be necessary for the extraction of actin fraction which follows after the extraction with WEBER-EDSALL solution since there may occur some denaturation of actin[6)].

Though an examination of these points in this new trial should be carried out, the authors intended first to obtain an outline of the comparative values in the amount of structure proteins under the same condition, following the ordinary methods of extraction as described above.

Results and Discussion

1. Amount of myosin, actin, and actomyosin fractions extracted under varied conditions:

It is said that the extractability of muscle proteins varies according to various conditions and the extractability of structure proteins likewise varies. It is concerned with the method of extraction that meets a problem in the present

Table 1. Amount of each protein fraction extracted under varied conditions. (% of fresh matter)

Sample	Fraction	Method of extraction		
		Simple extraction (10 min.)	Extraction with mincing 10 min.	Extraction with mincing 30 min.
Branchiotegus japonicus (HOUTTUYN)* (a kind of bream)	Myosin	0.49	1.16	0.65
	Actomyosin (S)	0.12	3.96	5.21
	Actomyosin (W)	1.89	1.15	1.28
	Actin	0.16	0.05	0.04
Sardinia melanosticta (TEMMINCK et SCHLEGEL)** (sardine)	Myosin	0.02	0.14	0.12
	Actomyosin (S)	0.07	0.35	0.66
	Actomyosin (W)	0.54	0.52	0.85
	Actin	0.60	0.30	0.22

* Dry matter 18.53%, crude protein 16.71%.
** Dry matter 19.98%, crude protein 17.76%.

* Each fraction extracted, therefore, was denoted by the name of a main component in it (a fall in viscosity on the addition of ATP was shown only in actomyosin fraction).

experiments. Other conditions may be eliminated by using the same materials. It is sufficient to investigate the effect of extracting time and of the degree of comminution for the extraction of structure proteins in the sample fish. Results obtained by varying the duration of extraction and the condition of comminution in a mortar are shown in Table 1.

It is shown that the extraction was not enough without comminution and that in case prolonged extraction was carried out with comminution, the amount of actomyosin fraction increased, showing on the other hand the decrease in the amount of myosin and actin fractions.

It is interesting to note that the increase of actomyosin fraction accompanied by myosin fraction was remarkable, while that of actomyosin fraction with WEBER-EDSALL solution did not come about. It is said[7)] that actomyosin of fish is soluble even at pH 6 as was proved by this result. GUBA[8)] reported that the velocity of the formation of actomyosin is quicker in fish than in animal in the comparative experiments as were carried out on various animals and fish under the same conditions. ROTH[8)] likewise reported the same results. SAITO *et al*[9)] reported that even sort extraction of 15 minutes imparted much actomyosin and less pure myosin to an extracting solution. However, fairly amount of myosin or actin was found in the extraction of 30 minutes in the present investigation. After all it can be said that the results of the present experiments agree well with the above reports.

Another noteworthy feature was the ratio of myosin and actin in bream and sardine. Namely, sardine contained less myosin and much actin but the reverse was bream.

As is shown above, it is unsuitable to extract quantitatively the structure proteins of fish meat since the amount of each fraction varies with the condition of extraction, even in a very shorter time than expected. However, it may be possible to compare each other the results under the same conditions of extraction, and the following experiments were carried out.

2. A. Amount of each protein fraction in the fish meat paste manufactured following practical procedure.

To investigate the variation in the amount of each fraction in the meat paste manufactured following practical procedure, the meat of *Girella punctada* GRAY was minced in a meat grinder for 30 minutes, for the first half of the time under simple grinding and the other half in the presence of 0.6 M KCl (added KCl so as to produce 0.6 M KCl solution in fish muscle water), and the amount of each fraction in the fish meat and in the meat paste was estimated (in practical procedure, sodium chloride is employed in the concentration of 0.4–0.6 M solution). Since high concentration of KCl in the meat paste was diluted by a

Table 2. Variations in the amount of each protein fraction after adding ATP to the meat paste which was prepared following practical procedure.
Sample fish: *Girella punctada* GRAY (dry matter 21.31%, cruee protein 19.94%).
Extraction: with mincing (10 min.). Protein conc.: % of fresh matter.

Fraction	A		B
	Fish meat	Fish meat paste	Fish meat paste, being added ATP
Myosin	0.49	0.23	1.65 (+1.42)
Actomyosin (S)	0.30	1.47 } 4.67	0.66 } 3.00 (−1.67)
Actomyosin (W)	0.73	3.20 }	2.34 }
Actin	0.05	0.02	0.02 (?)

large amount of extractant in the first step of the extraction, the same procedures as above mentioned were followed for the fractionation. Results are shown in (A) of Table 2.

Likewise in the case of experiment 1, the amount of both fractions of myosin and actin decreased, while that of actomyosin increased. In addition, sufficient comminution brought a large quantity of actomyosin fraction and a little of myosin and actin fractions.

B. Variation in the amount of each protein fraction after the addition of ATP to the meat paste.

Since the main component in the meat paste was considered to be actomyosin as the results showed, it was expected that the addition of ATP to the meat paste might bring about an increase in myosin and actin in the meat paste.

Results obtained by adding ATP to the meat paste are shown in (B) of Table 2. It is striking that the amount of actomyosin fraction decreased as much as the increase in myosin fraction. The amount of actin fraction did not show an increase contrary to expectation. It is probably because, the actin fraction which was expected to appear as a result of dissociation of actomyosin on the addition of ATP did not exist in the precipitate produced by diluting the solution of actomyosin fraction. We have not yet obtained enough data in our experiments. So, further investigation seems to be necessary to confirm this.

From the above results it will be reasonable to consider that the fish meat paste is mainly composed of actomyosin.

In addition, it was a remarkable fact that when ATP was added to the meat paste the elastic paste turned a softer one, resetting to the former form after a while (17 min. at 37°C). And there was a considerable difference regarding elasticity between meat jelly produced heating rapidly the ordinary meat paste and that from the meat paste being added ATP*. The former has a tough

* Added 580 mg. of ATP to 24 g. of the meat paste.

elasticity and the latter a tender one. Nevertheless, the latter has a somewhat higher jelly strength than the former.

Consequently, it is inferred that the elasticity of fish meat jellies depends mainly on actomyosin fraction, which gives a tough one, and partly on myosin and actin fractions, in which a different type of elasticity is brought forth according to their amount.

Summary

1. Myosin, actomyosin, and actin fractions in the fish meat were successively extracted by the fractionation method combined with GUBA and STRAUB solution, WEBER-EDSALL solution, and STRAUB method.

2. Investigating the effects of degree of comminution and duration of extraction, it was found that longer is the time and more is the comminution, much is the amount of actomyosin and the reverse is myosin and actin. This was the case with the meat paste obtained by practical procedure.

3. Comparing with bream and sardine, it was found that the amount of myosin in the former meat is higher than that in the latter, and the amount of actin is the reverse.

4. The addition of ATP to the meat paste caused some changes in appearance and composition of the paste, namely, variation in the elasticity, decrease in the amount of actomyosin, and increase in myosin were found.

5. It was inferred that the elasticity of fish meat jellies depends mainly on actomyosin fraction, which gives a tough one, and partly on myosin and actin fractions, in which a different type of elasticity is brought forth according to their amount.

The financial support of this work by the Education Ministry of Japan is gratefully acknowledged.

References

1. MIYAKE, M. and HAYASHI, K.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **22**, 48–50 (1956). (Japanese). *Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie*, **2**, 470–472 (1957).
2. DYER, W. J., FRENCH, H. V. and SNOW, J. M.: *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **7**, 585–593 (1950).
3. SZENT-GYÖRGYI, A.: "Chemistry of Muscular Contraction", Academic Press, New York (1951), 146–152.
4. CONNELL, J.: *Biochem. J.*, **58**, 360–367 (1954).
5. HAMOIR, G.: Advances in Protein Chemistry, **10**, 260 (1955).
6. BAILEY, K.: "The Proteins", Vol. II. Part B., Academic Press, New York (1954) 958.
7. HAMOIR, G.: Advances in Protein Chemistry, **10**, 244 (1955).
8. Ibid., 237.
9. SAITO, K. and HIDAKA, T.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **21**, 929–933 (1955) (Japanese).

Report of Faculty of Fisheries.
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

Studies on Fish Meat Jellies—IV

Denaturation of Fish Actomyosin by Comminution*

(*With 6 Tables*)

MASATO MIYAKE and KOICHIRO HAYASHI
Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie

The present study was undertaken to clarify the conditions necessary for manufacturing fish meat jellies of excellent elasticity, investigating the relation between manufacturing conditions and the elasticity of the products.

In order to improve the elasticity of fish meat jellies, it will be important for us to know conditions under which the nature of proteins in fish meat suffer little changes in the manufacturing process since the elasticity depends on the proteins in fish meat. Therefore, it is necessary to investigate the degree of denaturation of proteins in the manufacturing process under varied conditions.

It is said that the extraction in short duration yields much myosin from animal muscle, while the prolonged extraction produces much actomyosin. However, in case of fish, actomyosin is a main component even in shorter extraction [1,2], and a similar fact was reported in the previous section[3], where variations in amount of each fracion of myosin, actin, and actomyosin according to the conditions of extraction were investigated. On the other hand, the authors[4] found a close relation between the amount of actomyosin in fish meat and the generally-known elasticity of the meat jellies which are prepared by heating the meat paste.

Judging from the above facts, it is, first of all, desirable for us to investigate the denaturation of actomyosin in the course of the preparation of fish meat jelly.

The present paper deals with the results of variations in the amount of actomyosin in the course of manufacturing fish meat jelly, using WEBER-EDSALL solution[5] ordinarily employed in the preparation of actomyosin, to find an interesting new fact on the denaturation of actomyosin.

Experimental

Method

Materials: All the fish used were purchased at Tsu Fish Market in Mie Prefecture in May to June, 1957, and were fresh ones of post-rigor.**

---

* Presented at the Annual Meeting of the Japanese Society of Scientific Fisheries, October 10, 1957.

** The presence of ATP under these conditions seems unlikely.

Extraction of actomyosin:

Szent-Györgyi's method—same as the previous paper[3].

A modified blendor method— 20 g. of minced fish meat was suspended in 400 ml. of 0°C. WEBER-EDSALL solution (0.6 M KCl, 0.01 M Na_2CO_3, 0.04 M $NaHCO_3$), and homogenized in Waring blendor fitted with a buffle plate for 5 minutes. After being placed in the refrigerator for about 24 hours, the same procedure as above mentioned was carried out.

The method of DYER *et al*[6]—Muscle tissue 25 g. was blended 3 to 5 minutes with 500 ml. of extractant solution containing 5 per cent sodium chloride and about 0.002 M $NaHCO_3$ to give a pH of 7 to 7.5, and using the buffle plate to prevent foaming. The salt solution was stored slightly below 0°C. to give a final temperature after blending of not over 5°C. The mixture was centrifuged 30 minutes at 3000 to 4000 r.p.m. Myosin fraction (actomyosin is a main component) was determined on 10 ml. of the supernatant extract by adding 90 ml. of distilled water at 0°C. After standing 4 to 24 hours in the refrigerator, the precipitated myosin gel was centrifuged off by spinning 30 minutes at about 3000 r.p.m. and washed with diluted solution (1 : 9) of protein extractant solution at 0°C. After pouring off the supernatant, the myosin was dissolved in a few ml. of N NaOH, made up to volume and the nitrogen content was determined.

Soluble protein:

Soluble protein nitrogen was determined on an aliquot of the supernatant of the salt solutions, by the difference between soluble total nitrogen and nonprotein nitrogen. Nonprotein nitrogen was estimated by precipitation of the protein in 20 ml. of the supernatant solution in 5 per cent trichloroacetic acid and determining nitrogen in the filtrate.

Results and Discussion

1. Examination of extractability of actomyosin in fish meat:

i) Extraction of actomyosin by means of the meat grinder.

The meat was minced at room temperature or in the cold state passing 0–5 times respectively through the meat grinder, and the amount of actomyosin was estimated by SZENT-GYÖRGYI's method. Results are shown in Table 1, A and B.

Not only the yield of actomyosin by means of the grinder was small, but the extractability became smaller either at room temperature or in the cold state with increase of the number of the time passed through the grinder, as is well shown in the Table. Though much quantity of actomyosin was expected to appear, since the repeating comminution by the grinder was thought to be enough for the extraction of actomyosin, the opposite results were obtained. The extractability in the cold state was better than that at high temperature, showing

Table 1. Extraction of actomyosin by means of the meat grinder.
Sample fish: *Trachurus japonicus* (T. & S.)
(A); dry matter, 21.82%, total-N, 2912 mg.%.
(B) and (C); dry matter, 29.71%, total-N, 2723 mg.%.
A. Extraction at room temperature

The number of time passed through meat grinder	Actomyosin-N (mg.%)
0	320
1	291
2	207
3	151
4	140
5	137

B. Extraction in the cold state
(at temperature below 10°C)

The number of time passed through meat grinder	Actomyosin-N (mg.%)
0	393
1	728
2	728
3	641
4	684
5	612

C. Extraction with a large quantity of WEBER-EDSALL solution.

The number of time passed through meat grinder	Actomyosin-N (mg.%)
0	364
1	510
2	801
3	582
4	509
5	436

a little decrease in the amount as the degree of comminution proceeded, though the amount was not remarkable. In case that a large quantity of the extractant was used—40 ml. of WEBER-EDSALL solution to 1 g. of the minced meat— th same results were obtained as is shown in Table 1, C. It is said that the comminution by a grinder or a mortar denatures the proteins, as was prooved in this experiment.

ii) Extraction of actomyosin by means of the blending.

Since the extraction of actomyosin by means of the grinder was not enough as is shown above, the blending method was tried. The results obtained

Table 2. Extraction of actomyosin by means of the blending.
Sample fish; *Parapristipoma trilineatum* (THUNBERG)

A. Extraction by DYER'S method

Soluble total-N	2941 (mg.%)
Non-protein-N	415
Soluble protein-N	2563
Actomyosin-N	1747

B. Extraction with WEBER-EDSALL solution at varied degree of blending.

Time of blending (min.)	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble Protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
0	874	382	491	393
2	2854	404	2450	1310
5	2985	404	2581	1427
10	2839	404	2435	1340
15	2839	404	2435	1267
20	2737	404	233	1194

C. Accuracy of the method (B).

No.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
1	2398	603	748
2	2431	591	788
3	2366	591	813

by the method of DYER *et al.* and those obtained with WEBER-EDSALL solution combined with the blending are shown in Table 2, A and B. In the latter case, 0°C. WEBER-EDSALL solution was added 20 times quantities to the meat, and the meat was homogenized for varied minutes in the blender and placed in a refrigerator for 24 hours.

The fact that the yield by the modified SZENT-GYÖRYI'S method was a little smaller than that by the method of DYER may be due to the purity of the product. Comminution by the blending for 5 minutes brought a maximum extractability. The results obtained by examinating this method are shown in Table 2, C. Since the blendor method gave an excellent yield and reliable results as were shown above, the following experiments were carried out following this method.

The extraction by means of the grinder and the mortar in the cold state was again investigated following this method and the former method (simple extraction); and the results (Table 3) showed that the same changes caused in both cases as the former experiments showed, though the amount of actomyosin extracted by the blendor method was higher than that by the former simple extraction method.

Table 3. Extraction by means of the grinder and the mortar in the cold state. In (A) and (B), the modified blender method and in (C), the ordinary SZENT-GYÖRGYI's method were used respectively.
Sample fish: *Oplegnathus punctatus* (T. & S.)
A. Extraction by grinder

The number of time passed through the meat grinder	Actomyosin-N (mg.%)
0	1697
2	1803
4	1492
6	1461

B. Extraction by mortar

Mincing time (min.)	Actomyosin-N (mg.%)
0	1679
2	1275
5	839
10	684
15	777

C. Extraction by mortar

Mincing time (min.)	Actomyosin-N (mg.%)
0	791
2	520
5	395
10	354
15	354

2. Variations in the amount of actomyosin during the grinding:

Variations in the amount of actomyosin in the meat paste manufactured following the practical procedure were investigated by the method above described. Namely, the fish meat was minced in a mortar (the mortar on a large scale

Table 4. Variations in the amount of actomyosin during the grinding.
A. Sample fish; *Parapristipoma tilineatum* (THUNBERG).

	Min.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
Fish meat	0	3024	451	2573	1484
Grinding in the absence of KCl	10	2156	451	1705	644
	20	2128	493	1635	476
Grinding in the presence of KCl	10	2352	462	1890	1344
	20	2828	451	2377	1134

B. Sample fish; *Argyrosomus argentatus* (HOUTTUYN).

	Min.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
Fish meat	0	1148	483	665	72
Grinding in the absence of KCl	10	1274	462	812	11
	20	1274	462	812	11
Grinding in the presence of KCl	10	1414	378	1036	50
	20	966	420	546	11

C. Sample fish; *Paracaesio xanthurus* (BLEEKER).

	Min.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
Fish meat	0	2912	462	2450	1335
Grinding in the absence of KCl	10	2128	462	1660	523
	20	2128	448	1680	523
Grinding in the presence of KCl	10	2651	462	2189	1101
	20	2576	434	2142	1017

D. Sample fish; *Isurus glaucus* (MÜLLER & HENLE).

	Min.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
Fish meat	0	2520	980	1540	728
Grinding in the absence of KCl	10	2688	1023	1665	392
	20	2576	987	1589	336
Grinding in the presence of KCl	10	2660	987	1673	434
	20	2716	980	1736	336

E. Sample fish; *Triakis scyllia* MÜLLER *et* HENLE

	Min.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
Fish meat	0	3496	1299	2197	1433
Grinding in the absence of KCl	10	3181	1299	1882	1071
	20	2961	1299	1662	874
Grinding in the presence of KCl	10	2520	1287	1233	472
	20	2441	1287	1154	378

driven mechanically) for 30 minutes, for the first half of the time under simple grinding and the other half in the presence of 0.6 M KCl, and the amount of actomyosin in the fish meat and in the meat pastes which were prepared thus by the grinding in the absence or the presence of KCl, was estimated. Results obtained from various fish are shown in Table 4 (A, B, C, D, and E).

Interesting variations in the amount of actomyosin were found in (A), (B), and (C); namely, the amount of actomyosin markedly decreased in the meat paste prepared by simple grinding in the absence of KCl. It is said that the comminution by a grinder or a mortar denatures the proteins, as was prooved in this experiment. However, on proceeding the comminution after addition of KCl, we found that actomyosin in the meat paste again attained a value close to the original one in the fish meat, though other protein fractions remained constant. However, different facts were found in sharks, indicating a successive decrease in *Triakis scyllis* MÜLLER *et* HENLE, though the above fact was found in a degree in *Isurus glaucus* (MÜLLER *et* HENLE). In general, it is said that sharks are somewhat different from the other fish employed in the fish meat jelly industry, and this was likewise sustained by the above facts.

3. Prolonged grinding in the absence or the presence of KCl and the extractability of actomyosin:

The simple comminution brought a consecutive decrease in the amount of actomyosin, while the comminution in the presence of KCl maintained the high amount for 30 minutes, and then a rapid decrease was shown (Table 5). It

Table 5. Prolonged grinding in the absence or the presence of KCl and the extractability of actomyosin.
Sample fish: *Priacanthus macracanthus* C. & V.

	Min.	Soluble total-N (mg.%)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
Fish meat	0	2114	450	1664	840
Grinding in the absence of KCl	10	2016	450	1566	518
	20	1960	450	1510	462
	30	1932	450	1482	420
	45	1708	440	1268	290
	60	1540	440	1100	294
Grinding in the presence of KCl	10	2044	435	1609	560
	20	2128	440	1688	700
	30	1932	435	1497	616
	45	1540	440	1100	238
	60	1372	435	937	126

seems identical in both decreases, but it is considered to be an essentially different type of denaturation.

4. The effects of temperature during the grinding on extractability:

The effects of temperature at room temperature and in the cold state were investigated. As is shown in Table 6, the amount of actomyosin was about 10 per cent higher in the cold state (temperature of the meat was 12–13°C) than that at room temperature (25°); namely, it was considered that the denaturation

Table 6. The effects of temperature during the grinding on extractability of the proteins.
Sample fish: *Parapristipoma trilineatum* (THUNBERG).

	Grinding	Temp. of meat (C)	Soluble total-N (mg.)	Non-protein-N (mg.%)	Soluble protein-N (mg.%)	Actomyosin-N (mg.%)
	Fish meat	3	2730	380	2350	1316
Room. Temp.	Absence of KCl	23	1650	380	1270	386
	Presence of KCl	25	2352	380	1972	1050
Cold state	Absence of KCl	12	1736	380	1356	365
	Presence of KCl	13	2604	380	2224	1274

would scarcely happen. The recovery of actomyosin by the comminution in the presence of KCl was found similar to the former experiments (Table 4).

Considering the above results, a question remains whether the decrease in the amount of actomyosin, which is induced by a meat grinder or a mortar, is a simple denaturation of protein. If actomyosin is supposed to dissociate in actin and myosin although it seems unlikely, a reassociation to actomyosin is expected to happen during the extraction, and this will be examined in the future experiments with respect to electrophoresis.

On the other hand, the fact that the amount of decreased actomyosin recovered its original level in the fish meat when comminution was followed in the presence of KCl after the simple comminution—the fact may anticipate the presence of a reversible type of denaturation which is considered, for example, to be an alteration in molecular form or dispersion state of actomyosin complexes. Moreover, it may be suggested that the recovery from the denatured state is taken place in small quantities of KCl solution by the physical grinding, since the denaturation was not recovered by the treatment in the large amount of KCl solution as extractant but was recovered in case the comminution was carried out in the presence of KCl solution of small quantity.

Summary

1. In order to clarify the relation between manufacturing conditions and the elasticity of the fish meat jelly, the variations in extractability of actomyosin, the principal component for the elasticity of the fish meat jelly, was investigated in the course of the preparation of the meat jelly.

2. As a method of extraction, SZENT-GYÖRGYI's method combined with the blending was employed to obtain a sufficient extractability.

3. It was shown that the comminution by a meat grinder and a mortar gradually decreases the amount of actomyosin as the comminution proceeds.

4. In the practical procedure, it was found that the amount of actomyosin extracted during the simple grinding (which was carried out in the absence of potassium chloride) decreases and that during the following grinding carried out in the presence of potassium chloride the amount recoveres itself to its original level in the fish meat.

The financial support of this work by the Education Ministry of Japan is gratefully acknowledged.

References

1. HAMOIR, G.: Advances in Protein Chemistry, **10**, 237 (1955).
2. SAITO, K. and HIDAKA, T.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **21**, 929–933 (1955) (Japanese).
3. MIYAKE, M., HORIGUCHI, Y., and HAYASHI, K.: *Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie*, **3**, 1–7 (1958).
4. MIYAKE, M. and HAYASHI, K.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **22**, 48–50 (1956) (Japanese). *Rep. Fac. Fish Pref. Univ. Mie*, **2**, 470–472 (1957).
5. SZENT-GYÖRGYI, A.: "Chemistry of Muscular Contraction", Academic Press, New York (1951) 151–152.
6. DYER, W. J., FRENCH, H. V., and SNOW, J. M.: *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **7**, 585–593 (1950).

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

Ecological Studies of the Ma-anago, *Astroconger myriaster* (BREVOORT)

11. Notes on the Circulii of the Otolith of the Ma-anago in Ise Bay

(With 4 Figures and 3 Tables)

YAICHIRO OKADA and KIYOSHI SUZUKI
Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie

By analyzing the seasonal change of the total length compositions of the Ma-anago, *Astroconger myriaster* (BREVOORT) in Ise Bay, authors (1956) were led to the conclusion that the Ma-anago population in Ise Bay is at least referable to the two groups, that is, one group is composed with smaller individuals newly metamorphosed in Spring, the other group mostly composing with larger individuals aged one year old after metamorphosis. In the present report, authors dealt with the otolith, generally used as a method in age determination, in order to make clear relationship between the otolith size and the total length, period of the first clear zone formation, position of the first clear zone from the focus in the otolith and each total length corresponding origin and end of the first clear zone.

Up to the present, no work has been carried out on the age determination by using the rings on the otolith of this species. But, in *Anguilla japonica* T. and S., MARUKAWA (1916) and MATSUI (1952) well contributed to this problem. Especially, MATSUI plainly described the relationship between the otolith size and the body length, the period when the otolith morphologically appeared, and the circulii on the otolith of the glass eel immediately after upstream.

Material and Method

The material used in this report consists of 426 individuals, collected near the sea-coasts of Toyohama, Aichi Prefecture and Aritaki, Kumozu and Shiroko in Mie Prefecture during the period extending from April to November in 1954. But among these localities, Shiroko was selected in the purpose of collecting the young form immediately after metamorphosis. The frequency distribution of total length on the distinction of each date of collection and locality is indicated in Table 1. For the analysis, the otolith were taken from the all specimens which were preserved in 10 per cent aqueous solution of formalin after collection. In order to read the ring definitely, each side of otolith was polished on the frosted

glass by using the "Paster", a kind of the polishing material. Then, each polished otolith was put into xylol in order to be distinguishable between the opaque zone and the clear zone. The observation and measurement were made under a magnification of 20 times by using the reflecting light.

The sagitta otolith of the Ma-anago is elliptic-shaped, and situated in the internal ear, keeping its longitudinal axis horizontally to the body axis. The outer surface of the otolith is rather smooth, but the inner, rough surface is somewhat inflatted and sculptured by a longitudinal groove, passing outward from the central part to the pointed margin. The upper outline of the otolith is uneven but the lower outline is figured by a rather smooth arch. The focus, characterized by the transparency and the circular outline, lies in the centre of the otolith. The circular area is bounded by the whitish opaque zone is roughly analogous to that of the otolith. Further, this zone is surrounded by the rather wide clear zone which is so decided that the recongnition of this zone is easy. In the most specimens under observation, the outer margin of the clear zone is closed by the second opaque zone.

The measurement is respectively rendered on such three matters as R, R′ and R″ as illustrated in Fig. 1. R is indicated by the straight line passing distally from the focus to the lower margin. R′ is represented by the distance from the focus to the outer margin of this zone.

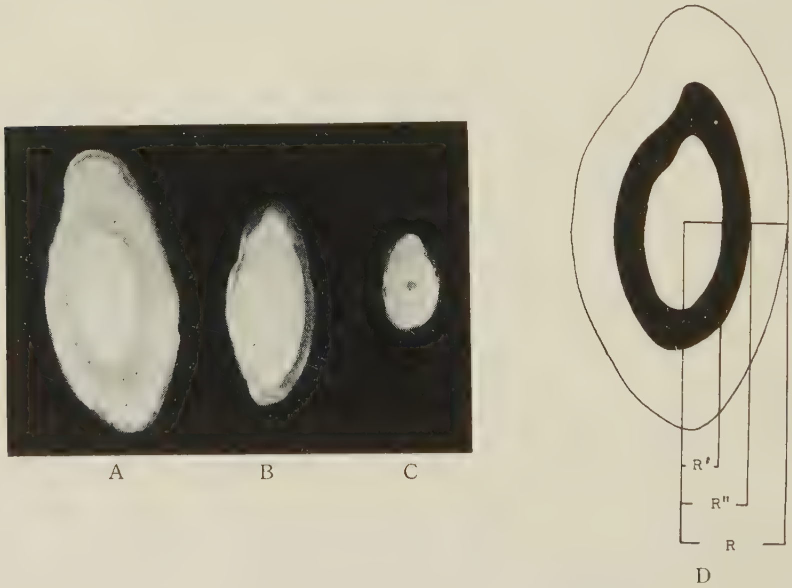


Fig. 1. Otolith of *Astroconger myriaster* (BREVOORT). ×10.
A—Otolith completed the first clear zone
B—Otolith margined with the outer clear zone
C—Otolith composed with the opaque zone surrounding the central circular area
D—Diagram showing method of measuring otolith size

Results Obtained

A. Relationship between the otolith size and the total length:

Relationship between the otolith size and the total length were examined. (Fig. 2) In relation to total length, R demonstrates a negative allometry in the

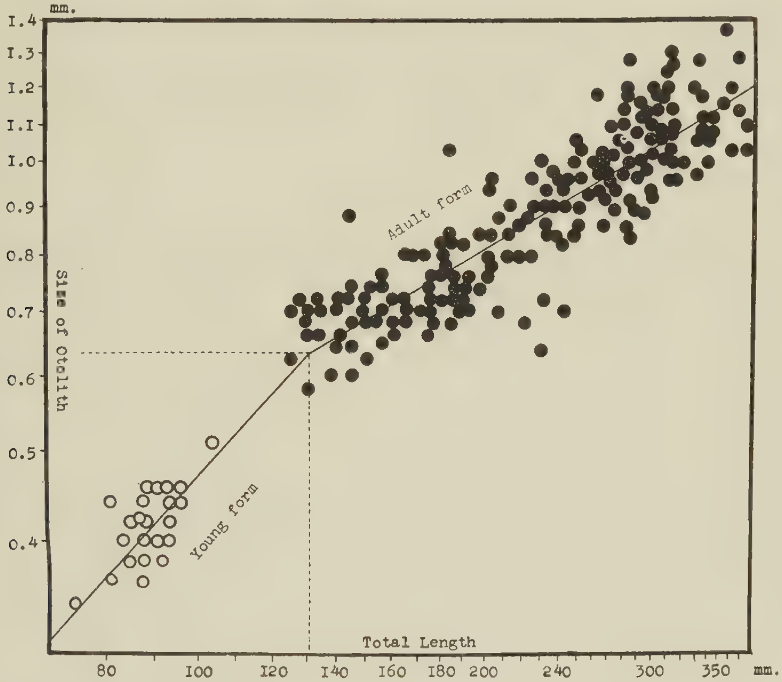


Fig. 2. Relationship between Otolith size and Total length

adult form, but in young form immediately after metamorphosis, it is a nearly isometric allometry. At any rate, those relationships may be shown by the following equations respectively:

$\log R = 0.62196 \log L - 1.51595$...... (1) in the case of the adult form

$\log R = 1.04631 \log L - 2.42470$...... (2) in the case of the young form immediately after metamorphosis

Table 1. "Slope and Positional Differences" between Two allometry lines of Otolith length—Total length relationship.

Residue Form	Sum of Squares	(d.f.)	(S.S./d.f.)
Separate lines	0.50330	422	0.001193
Slope differences	0.00386	1	0.003860
Parallel lines	0.50710	423	$F_0=3.24$
Parallel lines	0.50710	423	0.001199
Positional differences	0.09600	1	0.096000
Single line	0.60310	424	$F_0=80.80$

Table 2. Frequency table of total length classified by the otolith pattern.

Total length (mm.)	April	May	June	July				September					November		Total
	S.	A.	A.	A.		K.	T.	A.		A.	T.		A.	T.	
	Iro	Ir''	Ir''	Ir'	Ir''	Ir''	Ir''	Ir'	Ir''	Ir''	Ir'	Ir''	Ir''	Ir''	
70–80	1														1
80–90	17														17
90–100	12														12
100–110	1														1
110–120															
120–130								3							3
130–140				1				12							12
140–150								20							21
150–160								17							17
160–170								14							14
170–180								23			1			2	26
180–190								19	1		1	1		1	23
190–200								6		3		1		2	12
200–210								4	1	2		1	3	1	12
210–220								4		1		1	2	4	12
220–230				1		2	1					3	5	2	14
230–240		1					1	2		2			16	2	24
240–250			1			1	2		2	4		1	12	3	24
250–260		2					2		1	2		1	6	1	16
260–270		3	3			4	2	1	1				10		24
270–280		1	5		3	2	10			2			11	1	36
280–290		1	3		3	2	5		1	2			2	2	20
290–300		5	7		2		5							2	22
300–310		4	7		5	2	2					1	2	5	28
310–320		4	1		2										7
320–330		3	1		1	1	1							2	9
330–340		1	2		1		2		1			1	1		9
340–350														1	1
350–360					1					1			1	1	4
360–370			1							1			1		3

Iro—Individuals having the otolith not signed the first clear zone
Ir'—Individuals having the otolith margined with the outer clear zone
Ir''—Individuals having the otolith completed the first clear zone
A—Aritake K—Kumozu S—Shiroko T—Toyohama

By analyzing the above-mentioned equations and Fig. 2, it may be expected that the slope and positional differences between two allometry lines, representing respectively the adult form and the young form immediately after metamorphosis, of the otolith size-total length relationship is easily recognizable. Whether these differences are significant or not, was tested by using Ito's method "Test of significancy of slope and positional differences of allometry lines". (ITO, 1951)

(Table 1) As indicated in Table 2, these lines have different slopes and intercepts. Therefore, it is concluded that the relative growth of the otolith in the present species is not developed with the constant gradient, and in rather earlier stage throughout the long growth period, exhibited by a remarkable growth inflection. Adding to this fact, it may be estimated that the inflection is found in the period when the Ma-anago is attained to about 130 mm. in total length. Then, the cause for the growth inflection of the otolith can not be sufficiently explained from the present data, but the estimation that onset of the more active ossification immediately after metamorphosis may be responsible for this inflection, is probably considered.

B. Period of the first clear zone formation:

A great part of specimens dealt with in the present investigation held the otolith which is characterized by the presence of a obvious clear zone, the outer margin of which is bounded by a opaque area. (Fig. 1, A) These specimens were collected from May to November exclusive of September. In September, the most specimens had the otolith ended in the outer clear margin, that is, the first clear zone is not yet completed (Fig. 1, B). Moreover, the young specimens after metamorphosis, collected at Shiroko in April, possessed evenly the otolith composed with the opaque zone surrounding the central circular area, and undoubtedly not signed the appearance of the first clear zone (Fig. 1, C) (Table 3). Accordingly, it may be estimated from the abovementioned facts that the first clear zone is formed during a period extending from April to September in the metamorphosed year.

C. Position of the first clear zone from the focus:

In order to examine the position appearing the origin of the first clear zone on the otolith, the distance from the focus to the origin of the first clear zone (R') is measured on the materials of September, each of which is obviously margined with the clear area. Each R', measured, is distributed as indicated as in Fig. 3, A, that is, the range of distribution is 0.33 mm.–0.55 mm. and the mode is obviously represented by 0.38 mm. The mean value and its 95% confidence is 0.409 ± 0.007 mm. For the examination of the position completing the first clear zone, each material having the complete clear zone which is bounded by the outer opaque area, is an object of the measurement. The distribution of R'', representing the distance from the focus to the completed part of the clear zone, is given in Fig. 3, B. The range of distribution is 0.47–0.89 mm., and wider than the case of R'. But the bimode is respectively recognized in 0.59 mm. and 0.69 mm. Now, the frequency table of R'' on the distinction of each date of collection is made for the purpose to trace the cause why the bimode is arisen (Table 3). Judging from this table, it is clear that each range of R'' distribution which

Table 3. Frequency table of distance from focus to end of clear zone, indicated by R′′.

R′′ (mm.)	May	June	July			September	October		November		Total
	A.	A.	A.	K.	T.	A.	A.	T.	A.	T.	
0.46–0.48					1						1
0.48–0.50				1			1		2		4
0.50–0.52											
0.52–0.54					1				5		6
0.54–0.56					2		2		7	3	14
0.56–0.58				1	1	1			3	2	8
0.58–0.60		2		2	3	1	4		15	9	36
0.60–0.62		1	2	1	4		2	1	5	1	17
0.62–0.64		2	1	2	2		4		11	4	26
0.64–0.66		3	3		3		2		7	4	22
0.66–0.68		4	1	1	2	2	1	1	5		17
0.68–0.70	5	9	3	2	9	1	3	3	5	4	44
0.70–0.72	8	3	3	2	2				4		22
0.72–0.74	5	4	3	1	2	1		3		3	22
0.74–0.76	4	1	2		1	1		1	1	1	12
0.76–0.78		1						1			2
0.78–0.80	1	1		1				1		1	6
0.80–0.82											
0.82–0.84	1										1

belongs respectively to the materials for May, June and July, is more inclined to the higher value of R′′ than the cases for October and November. Therefore, it may be considered that the distributions of the five materials before September correspond the distribution having its mode in 0.59 mm., and the other having its mode in 0.69 mm. corresponds to that of the four materials after September. Adding to the above, the estimation, described in the previous report by the present authors (1956), that the Ma-anago group is composed with the larger individuals aged one year old after metamorphosis until September, but on and after this period the smaller individuals newly metamorphosed in Spring are added to the group, and these proportion to the larger individuals are remarkably increased, probably throws a light on the present question. Namely it seems to reasonable that the position completing the clear zone on the otolith of the larger individuals is rather distinct from that of the smaller individuals. At any rate, the mean value and its 95% confidence limit calculated is 0.652±0.011 mm. As indicated in Fig. 3, these two mean values are obviously corresponded to those of April's and September's materials. These correspondences suggest that the otoliths of April's are in a period immediately before appearance of the first clear zone, and September's are in a period immediately after completion.

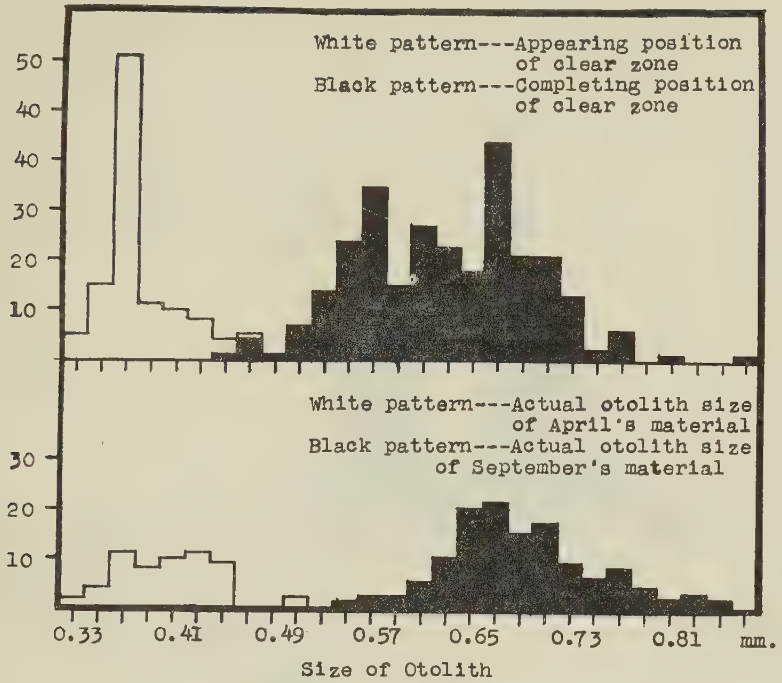


Fig. 3. Comparison between Appearing and Completing positions and Actual otolith sizes of April's and September's materials

Moreover, the appearance of the second clear zone must be expected for the outer margin of the otolith of the individuals, aged one year or more old after metamorphosis. But actually the most of the otolith of larger individuals are margined with the opaque zone with exception of a few which are recognizable the second clear zone. In regard to this problem, the authors intend to make clear in connection with the inspection of the otolith of the Ma-anago inhabiting in Kumano-Nada in the near future.

D. Each total length corresponding origin and end of the first clear zone:

For the purpose to know each total length which is respectively corresponded to the origin and end of the first clear zone on the otolith, the calculated total length is obtained in each case by using 1 and 2 equations as follows: In the first place, for the computation of the calculated total length at the time of appearance of the first clear zone, each value of R' is measured on the specimens which are mostly referable to September's material, having the otolith margined with the clear zone. These measured R' are respectively substituted for R in 1 equation in order to calculate the average total length. Nextly, the computation of the calculated total length at the time of completion of the first clear zone is similarly practised by using 2 equation. The specimens treated in this case have the otolith characterized by a obvious clear zone and margined with a opaque zone.

The frequency distribution of each calculated total length are represented by Fig. 4. As seen in this figure, the values of calculated total length corresponding to the origin of the first clear zone are rather symmetrically distributed

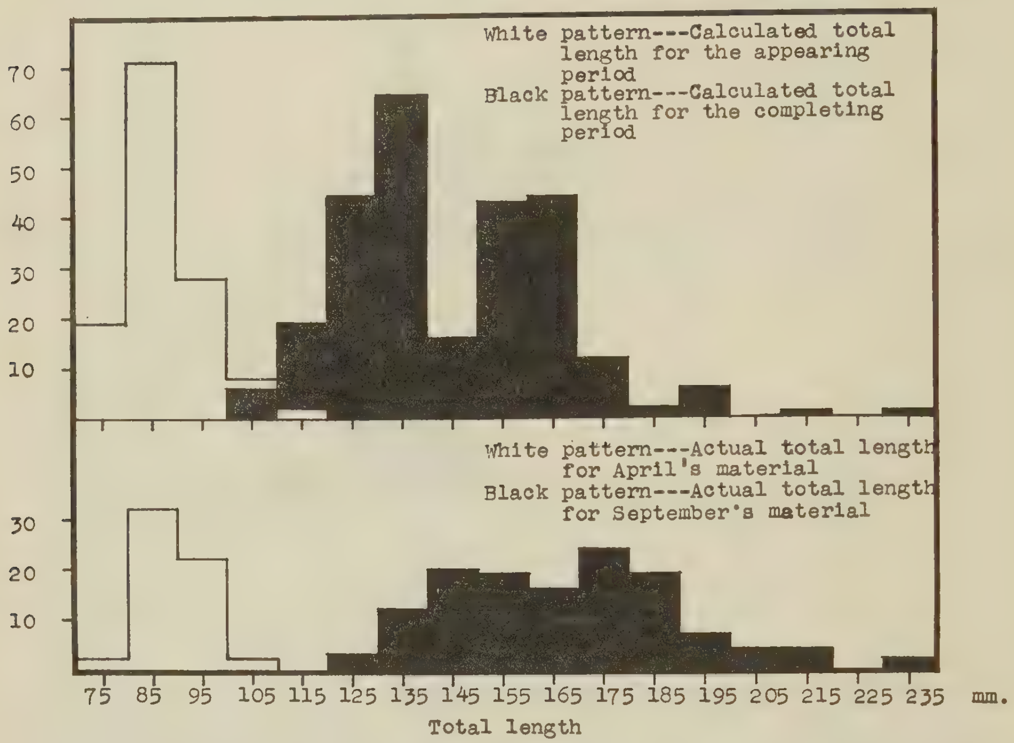


Fig. 4. Comparison between calculated total lengths for the appearing and completing periods of clear zone and actual total lengths for April's and September's materials

and their mode is represented by 85 mm. The mean value and its 95% confidence limit is 88.21±1.30 mm. But the distribution of the values of calculated total length corresponding to the end of the clear zone are characterized by having the bimode in 135 mm. and 155 mm. As explained in the previous chapter, the reason why the bimode is arisen, may be maden clear when the bimodal distribution of R″ is taken consideration. At any rate, the mean value and its 95% confidence limit may be represented by 144.5 ± 2.49 mm. Now, by comparing each distribution of actual total length with those of calculated total length, the following estimation may be permitted: As indicated in Fig. 4, the distribution of calculated total length for the period of appearing the first clear zone is exactly corresponding to that of April's group, and their mean values are almost in agreement. Furthermore, the distribution for the period of completing the first clear zone is roughly corresponded with that of September's group, excepting for some trifling discrepancy between the two. The cause for the discrepancy between the two distributions may be due to the heterogeneity which is chiefly

represented by the difference of age between the two groups, that is, the September's materials unexceptionally have the otolith characterized by the clear outer margin but the materials used in the computation of the calculated total length, have a completed clear ring in their otolith. In spite of the trifling discrepancy, the abovementioned facts obviously suggest that the first clear zone is appeared in a period of 88.2 mm. in total length, corresponding to the young stage immediately after metamorphosis, and completed in a period of 144.5 mm roughly corresponding to the September's group.

Summary

In the present report, authors dealt with the otolith, generally used as a method in age determination, in order to make clear relationship between the otolith size and the total length, period of the first clear zone formation, position of the first clear zone from the focus in the otolith and each total length corresponding origin and end of the first clear zone. The results obtained are summarized as follows:

1. Relationship between the otolith size and the total length may be represented by the following equations respectively:

$\log R = 0.62196 \log L - 1.51595$ in the case of the adult form

$\log R = 1.04631 \log L - 2.42470$ in the case of the young form immediately after metamorphosis.

2. The first clear zone is formed during a period extending from April to September in the metamorphosed year.

3. Distance from the focus to the origin of the first clear zone is 0.41 ± 0.007 mm., and to the end of the first clear zone 0.65 ± 0.01 mm.

4. The first clear zone is appeared in a period of 88.2 ± 1.30 mm. in total length, corresponding to the young stage immediately after metamorphosis, and completed in a period of 144.5 ± 2.49 mm. roughly corresponding to the September's group.

Literatures

ITO, T., 1951: Stochastical considerations of relative growth, pp. 1–45, Kagaku Kenkyu Kai (in Japanese).

MATSUI, I., 1952: Studies on the Morphology, Ecology and Pond-culture of the Japanese Eel (*Anguilla japonica* T. and S.) Jour. Shimonoseki Coll. Fisher., vol. 2, no. 2 (pp. 99–104, figs. 27–31).

OKADA, Y. and K. SUZUKI, 1956: Ecological Studies of the Ma-anago, *Astroconger myriaster* (BREVOORT). 1. Notes on the composition of total length, the relationship between total length and body weight and the condition factor in Ise Bay. Rep. Fac. Fisher., Prefectural Univ. Mie, vol. 2, no. 2, pp. 217–226, figs. 1–4.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

Ecological Study of *Salangichthys microdon* in Breeding Season

II. Development of the "White fish", *Salangichthys microdon**

(*With 2 Plates*)

YAICHIRO OKADA and KOICHIRO MORI
Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie

Previously the authors made some ecological studies on the "White fish", *Salangichthys microdon* BLEEKER, during the breeding season at Akasuka, Kuwana City. In the former report we had treated chiefly on the composition of body length, the relationship between body length and body weight and the composition of ovary weight. The present report dealts with the embryonic and larval development of this species in order to make clear the fundamental knowledge necessary for the Pond culture in future. Up to present, a full observation on the development has scarcely been detected, excluding of the brief description reported by HOTTA and TAMURA (1954).

On 29th of March, 1958, we had a chance to make an experiment on the artificial fertilization of this species and succeeded in the aquarium to keep the larvae during the period extending from March 29 to April 23.

Material and Method

Adult: D. 11–15, A. 16–20. The body very elongated and the head depressed. The lower jaw produced. The teeth on palate 3–13 (mostly 8). The origin of anal below the 6th–10th (generally the 9th) dorsal ray in male, below the 3rd from the last dorsal ray or almost behind the last dorsal ray (mostly below the last ray) in female. Female without the scaels, but male with the scales in a series above the base of anal. This species attains about 100 mm. in total length.

Egg: The egg without oil globules, is spherical in shape, colorless, demersal and adhesive. The external egg membrane is provided with 16–20 threads arranged in a form of network, radiating from the micropyle. These threads subdivided and anastomosed on their way to the pole opposite the micropyle so as to form a network that covers nearly the whole surface of the egg (Fig. 1). The egg about 0.8 mm. in diameter and 810 in number (parent fish under the examination, 75.6 mm. in body length and 150 mgr. in total weight).

Method: In March 29, the artificial fertilization experimented by means of dry method. Practically the eggs are slightly pressed out into the jar and then

* Jap. Jour. Ichth., 1957, 5 (3, 4, 5, 6), pp. 99–106, (in Japanese).

mixed with the sperm. Then the fertilized eggs were brought into the glass aquarium with the river water (water temperature 15°C., pH 7.3). In order to observe carefully, the fertilized eggs were kept in the aquarium of our laboratory, the water temperature of which as maintained at 14°–19°C. (atmospheric temperature 13°–20°C.). It took about 336 hours (14 days) from the fertilization to the hatching.

Observation

Embryonic development: Immediately after the fertilization, the threads covered over the surface of the egg, are flaied, bundled at the micropyle, and adhered to each other or some substratum (Fig. 2). The segmentation is of the ordinary bilateral type characteristic of Teleostei. After 1.5 hours, the blastdisc appears on the yolk (Fig. 3). After 3 hours, two cells are formed by the first cleavage along a meridional plane (Fig. 4). After 10 hours, the cleavage shows the morula stage. In this stage the cells covering mostly a third of the yolk are divided horizontally and vertically (Fig. 5). After 18 hours, the process is reached to the blastula stage, forming a lenticular cup over the yolk (Fig. 6). After 24 hours, the division shows the gastrula stage, occupying about a half of the yolk (Fig. 7). After 48 hours, the blastderm covers a sixth of the yolk, and the embryonic shield appears clearly defined. The KUPFFER's vessicle is seen at this stage (Figs. 8, 9). After 70 hours, the embryo has become more elongate (Fig. 10). After 80 hours, the stage is characterized by the appearance of the statocyct and myotome. 31 myotomes and melanophores on the eye are fairly seen respectively (Fig. 11). After 100 hours, the embryo is more elongated and coiled. It circles one and a sixth times arround the yolk (Figs. 12, 13). After 284 hours, the yolk is mostly absorbed and the embryo surrounds circularly two or three times in the egg. The brain is clearly recognized. The heart contracts rhythmically on the yolk, but the blood corpuscles are not seen (Fig. 14). After 312 hours, the eye becomes black by the aggregation of the numerous melanophores. The brain increases in the size, and the pectoral fin buds are seen indistinctly. In this stage the embryo moves actively at the intervals of two or three minutes (Fig. 15). 336 hours (14 days) after the fertilization, the embryo breaks the egg membrane and hatches out from the tail.

Larval stage: Just immediately after the hatching, the larva measured 5.1 mm. in total length, 3.9 mm. in head and trunk region and 0.2 mm. in diameter of eye. The pectoral fin situates between the statocyst and the second myotome. The anus opens at four fifths from the tip of the snout. The larval fin membrane is originated on the dorsal edge at the occipital region, on the ventral

edge inserted under the origin of the pectoral, and two membranes are confluented around the tail. The yolk sac, elongated and fusiform shaped, is not absorbed and situated in the most part of the belly region. The melanophores are more abundant in the eye, in the ventral surface of the yolk sac, and a few are found along the larval fin membrane. The larva actively swims on the surface of the water (cf. Fig. 16). 72 hours after the hatching, the larva 6.2 mm. in total length, 4.8 mm. in head and trunk region. The body is more elongated, its length about one and a fifth times of the preceding stage, and the yolk almost absorbed. In accordance with the absorption of the yolk, the melanophores may be observed along the intestine (Fig. 17). 288 hours after the hatching, the larva growing up 7.7 mm. in total length, 5.8 mm. in head and trunk region, absorbs the yolk entirely, and swims near the bottom of the aquarium and rests for a few seconds there (Fig. 18).

Summary

In March 29, 1958, the authors carried out the artificial fertilization of the "White fish", *Salangichthys microdon* in the breeding season, which was conducted at Akasuka, Kuwana City, located at the mouth of Nagara River, Mie Prefecture. The following report dealts with the embryonic and larval development of this species.

Observation: 1.5 hours after the fertilization, blastdisc was recognized on the yolk, and after 3 hours the first division finished, after 10 hours the process was developed to the morula stage, after 18 hours the blastula stage and after 24 hours the gastrula stage. After 48 hours, the statocyst and myotome recognized. 336 hours after fertilization, the embryo hatched out from the tail. The hatched larva was 5.1 mm. in total length. 72 hours after the hatching, larva attained 6.2 mm. in its length. 288 hours (12 days) after the hatching, it attained 7.7 mm. in body length, and disappeared the yolk sac entirely.

Literature

HOTTA, H., 1951: On the number of mature ovarian eggs of *Salangichthys* in Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 16 (8), pp. 35–38, (in Japanese).

HOTTA, H. & TAMURA, T., 1954: An ecological note on the "Shirauo" *Salangichthys microdon* BLEEKER. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 5 (5), pp. 41–46, (in Japanese).

OKADA, Y. & MORI, K. 1957: Ecological study of *Salangichthys microdon* in breeding season. Jap. Jour. Ichth., 5 (3, 4, 5, 6). pp. 99–106, (in Japanese).

WAKIYA, Y. 1936: Study of *Salangidae*. Zool. Mag., 48 (8, 9, 10), pp. 835–845, (in Japanese).

WAKIYA, Y. & TAKAHASHI, N., 1913: Description of *Salangidae* in Japan. Zool. Mag., 25 (301), pp. 551–555, (in Japanese).

WAKIYA, Y. & TAKAHASHI, N., 1937: Study on fishes of the family *Salangidae*. Jour., Coll. Agr., Tokyo Imp. Univ., 19 (4), pp. 265–296.

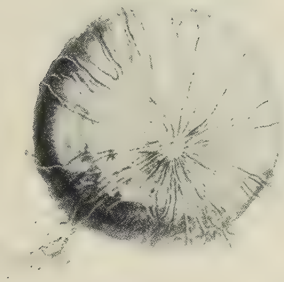


Fig. 1

Fig. 2

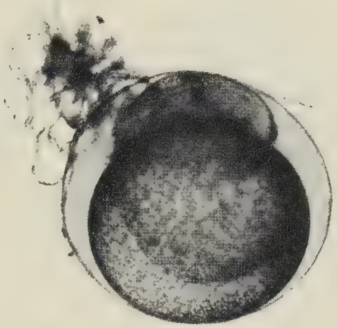


Fig. 3

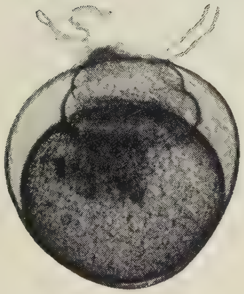


Fig. 4

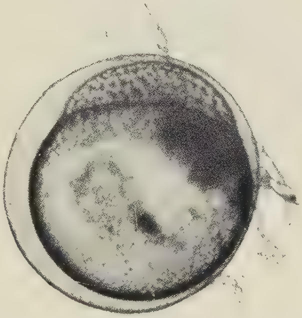


Fig. 5

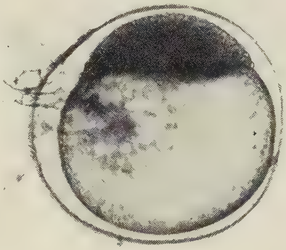


Fig. 6

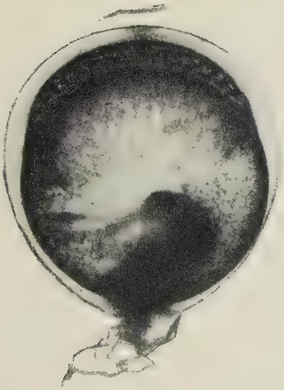


Fig. 7

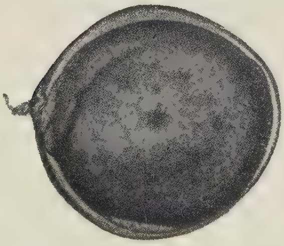


Fig. 8

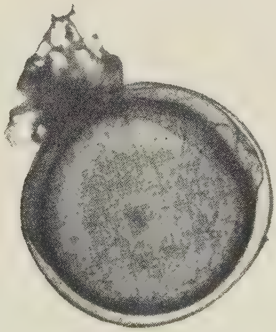


Fig. 9

Explanation of Plate I

Fig. 1. Unfertilized egg. ×35
Fig. 2. Egg, immediately after fertilization. ×35
Fig. 3. Egg with blastdisc. (1.5 hours after fertilization) ×35
Fig. 4. Two cells stage. (3 hours after fertilization) ×35
Fig. 5. Morula stage. (10 hours after fertilization) ×35
Fig. 6. Blastula stage. (18 hours after fertilization) ×35
Fig. 7. Gastrula stage. (24 hours after fertilization) ×35
Fig. 8. Formation of embryonic shield and KUPFFER's vessicle. (48 hours after fertilization) ×35
Fig. 9. ditto

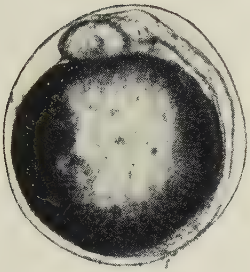


Fig. 10

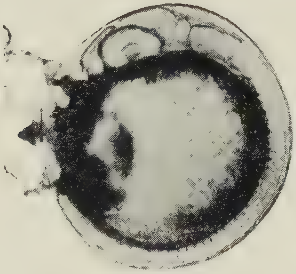


Fig. 11

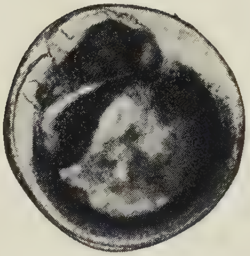


Fig. 12

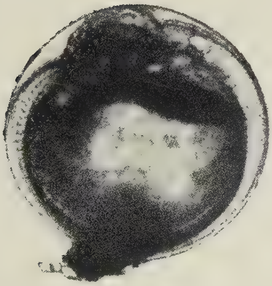


Fig. 13

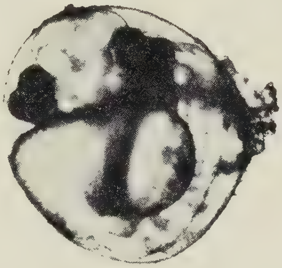


Fig. 14

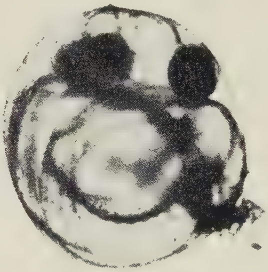


Fig. 15

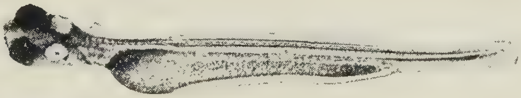


Fig. 16

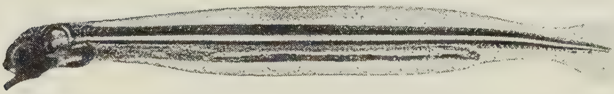


Fig. 17

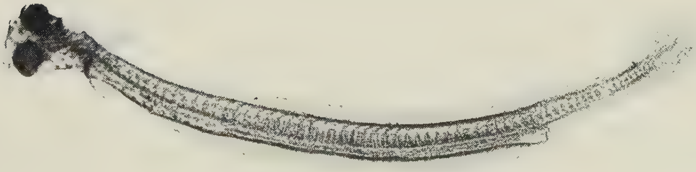


Fig. 18

Explanation of Plate II

Fig. 10. Embryonic stage. (70 hours after fertilization) ×35

Fig. 11. Formation of statocyst and myotome. (80 hours after fertilization) ×35

Fig. 12. (100 hours after fertilization) ×35

Fig. 13. ditto

Fig. 14. Appearance of brane. (284 hours after fertilization) ×35

Fig. 15. Formation of pectoral fin buds. (312 hours after fertilization) ×35

Fig. 16. Larva, just hatching out. ×13

Fig. 17. Deposition of melanophores along intestine. (72 hours after hatching) ×13

Fig. 18. Post-larval stage, absorption of the yolk. (288 hours after hatching) ×13

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

Note on the Bopyrid Fauna of Japan

(*With 22 Text-Figures and Plate III*)

SUEO M. SHIINO
Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie

During the seven years which have intervened since the last of a series of my papers dealing with the bopyrid fauna appeared there has been accumulating in my possession a fairly large collection of this parasitic group from our waters. The specimens have come from a variety of sources. Some of them have been collected from time to time by my colleagues and by myself on the coast of Mie Prefecture and some others have been obtained in the hauls of fishermen in Ise Bay and in the open sea off the Prefecture. There have also been many taken by my friend naturalists from various localities of Japan and submitted to me for my examination. In addition to these, some specimens have been gathered by the staff of the Biological Laboratory of His Imperial Majesty in Sagami Bay and sent to me for the identification.

Recorded or described herein are thirty-four species, nine of which are new to science. The material contains four species hitherto unknown to Japan and to one of them is proposed a new name. Full description will be confined to those thirteen species and a short account will be given to the others in case where the specimens show a certain character departing from that of the holotype. The holo- and allotypes of the new species will be preserved in the Museum of the Prefectural University of Mie from now on except those belonging to the property of the Biological Laboratory of His Imperial Majesty.

My thanks are due to Prof. Dr. A. ICHIKAWA, Mr. R. YANAGIMACHI and Mr. T. OGURO of the Hokkaido University, to Prof. Dr. I. KUBO of the Tokyo Fisheries College and to Dr. T. HABE of the Amakusa Marine Biological Station for their kindness in forwarding me some part of the present material. I desire to acknowledge my indebtedness to Mr. K. SUZUKI, Mr. S. KUBOTA and Miss S. OOISHI of our Faculty for their help in collecting other specimens. I am grateful also to Dr. K. HATTORI of the Biological Laboratory of His Imperial Majesty who permitted me to examine the specimens preserved in that laboratory. The identification of some of the Anomuran hosts has been greatly facilitated by Dr. S. MIYAKE of the Kyusyu University, whom I wish to tender my sincere thanks for his kind assistance.

Genus *Pseudione* KOSSMANN 1881

Pseudione petrolistheae SHIINO

SHIINO, 1933. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 271–273, Fig. 8.

Material: Two females, each associated with a male.

Host: Undetermined species of porcellanid. Infected in the branchial cavity.

Locality: Yuzaki, Shirahama; June 18, 1935.

This species was originally found on *Petrolisthes japonicus* (DE HAAN). The present specimens are preserved extracted from the host crabs which have unfortunately been lost.

Pseudione asymmetrica SHIINO

SHIINO, 1933. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 273–277, Figs. 9–10.

Material: One female and one male.

Host: *Clibanarius bimaculatus* (DE HAAN). Within the branchial cavity.

Locality: Shirahama; date unknown.

Pseudione longicauda SHIINO

(Fig. 1, Pl. III, Fig. 1)

SHIINO, 1937. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **12**: 479–482, Figs. 1–2.

Material: Two adult females each accompanying an adult male and a younger female carrying a post-cryptoniscan (pre-adult) male.

Host: *Callianassa japonica* ORTMANN. Within the branchial cavity.

Locality: Sugashima, Mie Prefecture; March 31, 1957.

This species has hitherto been known from a single couple. Holotype, the female, showing an abnormality, had the uropoda uniramous on one side, but biramous on the other. In spite of such a perplexing character, it was placed in *Pseudione*, for it showed all signs of affinity to this genus in the other characters of both sexes. The females of the present collection possess the uniramous uropod on both sides and this fact clearly indicates the propriety of the original designation.

Younger sexes from the collection show striking difference from the adult, especially in the constitution of their abdomen and in the pleopoda of female. They will be described briefly.

Juvenile female (Fig. 1, A & B): 3.75 mm × 2.28 mm, white in color. Body obovate, narrower posteriorly than anteriorly and with all segments distinct. Cephalon transversely oval, with angular sides and bearing a pair of irregular patterns of eye pigment. Internally to lateral margins all thoracic segments are produced backward in a pair of short linguiform lobes. Coxal plates distinct at

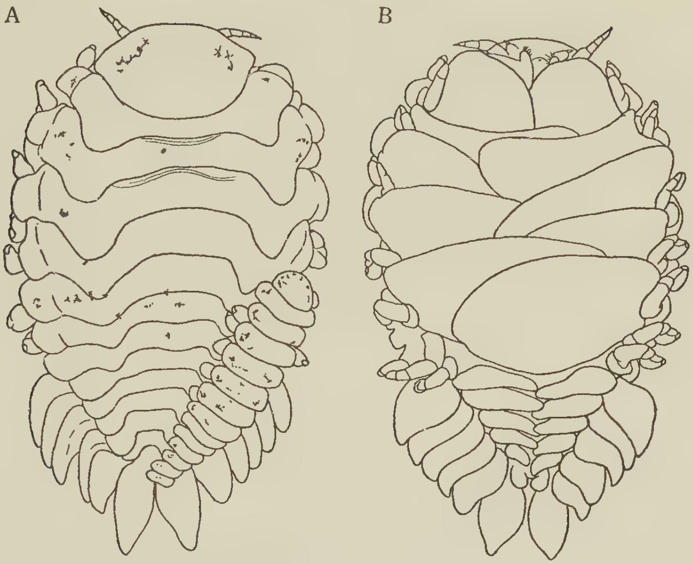


Fig. 1. *Pseudione longicauda* SHIINO, immature female and male. A, dorsal view of both sexes; B, ventral view of female. ×19.

least in first four segments and relatively broad. Lateral plates of abdomen short, round and not elongated into lanceolate lamellae as in adult.

Second antennae multiarticulated, extending far beyond cephalic margin. Marsupium closed. Pleopoda with 2 rami foliaceous and not elongated as in adult. Endopodite directed inward, whereas exopodite outward and broader than the former. Uropoda resemble exopodite of pleopoda in shape and bear a small oval rudiment of endopodite at the base.

Juvenile male: 1.79 mm × 0.50 mm. Color yellowish, with black pigment spots on all segments, thus retaining the characteristics of cryptoniscan larva. Cephalon round in front, thoracic and abdominal segments transversely linear and with round sides. Pleopoda tuberculiform.

Pseudione filicaudata sp. nov.

(Fig. 2)

Material: One female and one male.

Host: *Upogebia issaeffi* BALSS. In the left branchial cavity.

Locality: Sugashima, Mie Prefecture; March 31, 1957.

Holotype: Female. Length including uropoda 12.9 mm, width across fourth thoracic segment 9.2 mm. Body oval in outline, asymmetrical, flattened dorsally, somewhat swollen ventrally; whitish in color, neither with body pigment, nor with that of eye. All segments distinct.

Cephalon sunk in thorax, semicircular, having nearly straight anterior and well-round posterior borders. It is wider than long and one third as wide as

thorax. Frontal lamina undifferentiated. First thoracic segment much reduced in length in mid-dorsal region, second segment somewhat longer, but still shorter than succeeding segments which are subequal to one another. First four segments bilobed on margin. Antero-lateral part occupies far greater part of segmental margin and carries moderately broad coxal plate and quadrangular ovarian boss; fourth segment without boss on shorter side. Fifth to seventh segments entire on margin and neither with coxal plates, nor with ovarian bosses. Abdomen six-segmented, one third as long as body and twice as long as wide. Lateral

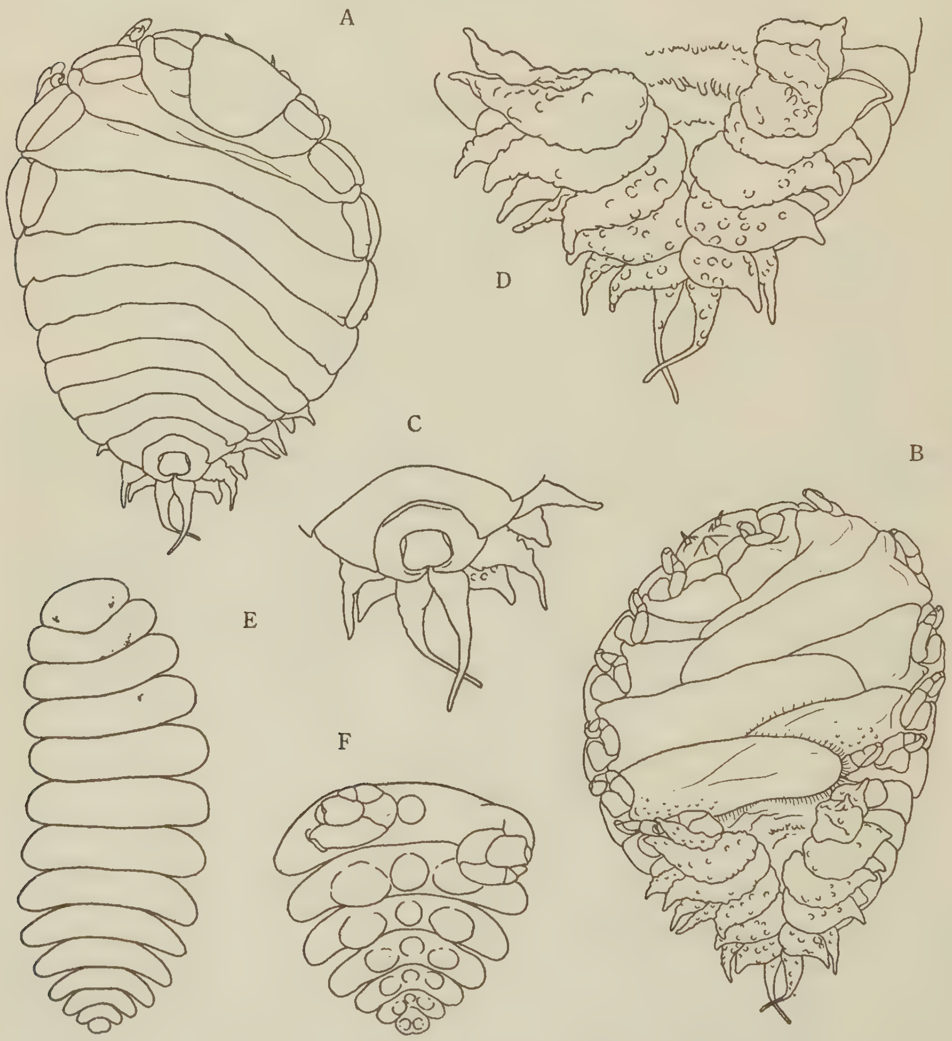


Fig. 2. *Pseudione filicaudata* sp. nov. A–D, female; A, dorsal view; B, ventral view; C, terminal part of body, dorsal view; D, abdomen, ventral view; E, F, male; E, dorsal view; F, seventh thoracic segment and abdomen, ventral view. A, B ×5.4; C, D ×10; E ×19; F ×27.

plates short, truncate on side, but produced into short small, pointed lobe in posterior segments at posterior angle. Those of fifth segment are turned inward forming acuminate lobes, which meet each other on the median so as to encompass sixth segment from behind. Last segment quadrate, somewhat narrowed in front, round in the rear, though slightly notched on the median.

Cephalic appendages exposed. Marsupium completely closed. Five pairs of pleopoda biramous, with rami directed outward and completely covered by lateral plates from above on longer side, but partly uncovered on shorter side. Two rami of all pairs foliaceous, broad at base, narrowing toward apex and more or less tuberculated on surface. Uropoda uniramous, narrower than pleopoda and terminating in filiform end.

Allotype: Male. 3.2 mm long, 1.3 mm wide; color whitish, with eye spots, but scarcely with body pigment. All segments distinct.

Cephalon widely round in front, V-shaped behind, less than twice as wide as long and half as wide as body. Segments of thorax grow larger little by little in length and width from first to fourth, to which succeeding segments are equal in size; last segment slightly shorter than preceding one. All segments have well-round lateral sides. Abdomen three tenths as long as body. First segment only slightly narrower and shorter than last thoracic segment, but succeeding ones rapidly narrowing backward. Lateral parts attenuating toward narrowly round end. Last segment small, round and slightly notched on posterior border on the median.

Medio-ventral tubercle present in second thoracic to fifth abdominal segments. Pleopoda in five pairs, uniramous and represented by low oval tubercles. Uropoda present, similarly tuberculiform.

Remarks: The present species is closer to *Pseudione chapini* VAN NAME, which is parasitic in the *Upogebia furcata*, than to any other species of the genus *Pseudione*. The two are resembling each other in the configuration of cephalon, in the proportional sizes of thorax and abdomen and in the pleopoda and uropoda more or less attenuating to the apices. The present species, however, may be distinguished from *chapini* by that the fifth abdominal segment of the female forms acuminate posterior processes, which encircle the sixth from behind, and by that the uropoda are elongated having filiform ends. The pleopoda and uropoda bear surface tubercles unlike in *chapini*. In addition to these, the male abdomen consists of six segments instead of four. In *chapini* the last segment is composed by the fusion of three segments.

The host of the present parasite is infected also by *Procepon insolitum* SHIINO which will be named later.

Pseudione lenticeps sp. nov.

(Fig. 3, Pl. III, Fig. 2)

Material: One female and one male.

Host: *Munida japonica heteracantha* ORTMANN. In the left branchial cavity.

Locality: The shallows of Kameshiro, near Hayama, Sagami Bay, 50 m deep. Obtained by the staff of the Biological Laboratory of His Imperial Majesty; July 20, 1956.

Holotype: Female. 5.1 mm long including uropoda, 2.9 mm wide across third thoracic segment. Body ovate, flattened dorsally, strongly convex ventrally, asymmetrical and with all segments distinct. Right side of body well-curved, but left side nearly straight. Color yellowish in alcohol, no pigmentation except for eye patches.

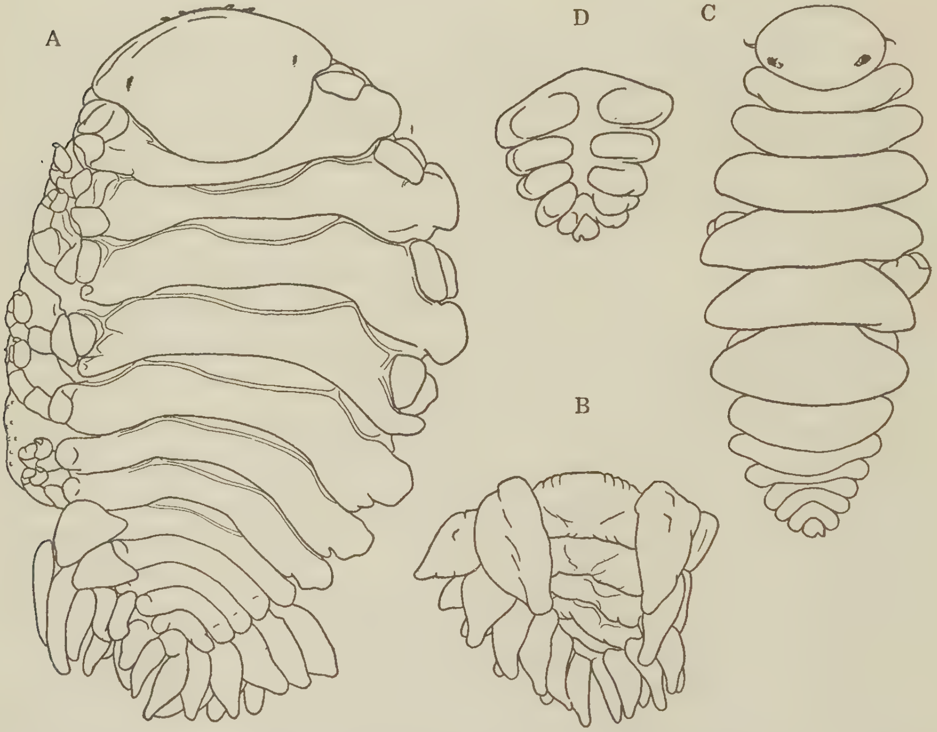


Fig. 3. *Pseudione lenticeps* sp. nov. A, female, dorsal view; B, same, ventral view; C, male, dorsal view; D, same, abdomen, ventral view. A, B ×19; C ×34; D ×41.

Cephalon two thirds as wide as long, occupying two fifths the entire width. Both anterior and posterior borders widely round, making together a narrow triangular lobe on either side. Frontal lamina rudimentary. All segments of thorax bilobed on either side; first four of them provided with narrow, crescentic coxal plates and oblong ovarian bosses. In first three segments on the right,

postero-lateral parts about as long as antero-lateral parts, expanding in round free lamellae, but on the left of those segments and on both sides of fourth segment they are much shorter and folded over dorsal surface. They are further reduced in size and retreat from general outline of thorax in last three segments on the right and are nearly rudimentary on the left. First segment very short on mid-dorsal region. Abdomen small, about one fifth as long as body and one and half as wide as its own length. First five segments V-shaped, with lateral plates very short, ending in round margin. Last segment small, round and knob-like.

Marsupium strongly vaulted, but completely closed. Pleopoda in five pairs, biramous. Two rami foliaceous, narrowing distally, without tuberculation, and directed outward or backward. Their sizes resemble each other in every pair, but gradually diminish from before backward. Uropoda uniramous, similar to last pleopoda in size and shape.

Allotype: Male in the stage just before moulting. 2.1 mm long, 0.85 mm wide across fourth thoracic segment.

Cephalon wider than long, five ninths as wide as widest segment, elliptical in shape and bearing a pair of large eye patches. Thoracic segments strongly convex above, increasing in length and width gradually from before backward; but last segment shorter and narrower than preceding one. Lateral parts of first two segments round and turned somewhat forward. Other segments transversely almost straight, ending in more or less triangular margins. Abdomen small in size, about one sixth as long as body and two thirds as wide. First two segments convex dorsally and transversely linear, but succeeding three depressed and V-shaped; all with round sides. Last segment very small, nearly triangular, and with a notch on caudal margin closer to one side.

No medio-ventral tubercle. Pleopoda represented by five pairs of low oblong ovate tubercles on ventral surface. Uropoda lacking.

Remarks: In the general appearance of female, the present species is very closely allied to *Pseudione retrorsa* Richardson, *japanensis* Nz. et B. à B., *orientalis* Shiino, *curtata* Richardson and *petrolistheae* Shiino, all parasitic in the symmetrical anomurans (the first three in galatheids and the rest in porcellanids). The present species is distinguished from the first of them by the much smaller pleopoda and uropoda, from the second and fourth by the rudimentary lateral plates of abdomen, from the third by the similarity of the two rami of each pleopod in their sizes and from the fifth by the widely round hind border of cephalon. The new species is discriminated from those species also by the characters of the male, in which the thoracic segments are contiguous at least on the midline and the proportional size of abdomen to the body is much smaller than in them.

Pseudione calcinii sp. nov.

(Fig. 4)

Material: One female specimen.

Host: *Calcinus latens*. In the left branchial cavity.

Locality: Female, somewhat immature. Color white, no pigment except for that of eye. 2.3 mm long, 1.35 mm wide across fourth thoracic segment, only slightly asymmetrical; dorsal face flat, ventral a little convex. All segments of body distinct.

Cephalon semicircular, deeply sunk in thorax, as long as wide and about one fifth as long as body. Gracefully curved anterior border is marginated by comparatively broad frontal lamina which extends laterally for a short distance beyond cephalic width. Lateral and posterior borders form a well-round contiguous curve. Very tiny eyes placed at antero-lateral corners of cephalon. First two thoracic segments much reduced in mid-dorsal length, their lateral parts directing forward, following two transversely linear, showing a wavy segmental boundary, and last three V-shaped, turning backward on either side. Sides of first four segments bilobed; antero-lateral parts occupy greater part of margins and lack both coxal plates and ovarian bosses. Last three segments undivided and narrowly round on margin, though fifth with much rudimentary postero-lateral parts. Abdomen less than one third as long as entire body. All segments except last are V-shaped, carrying moderately long lateral plates which end in

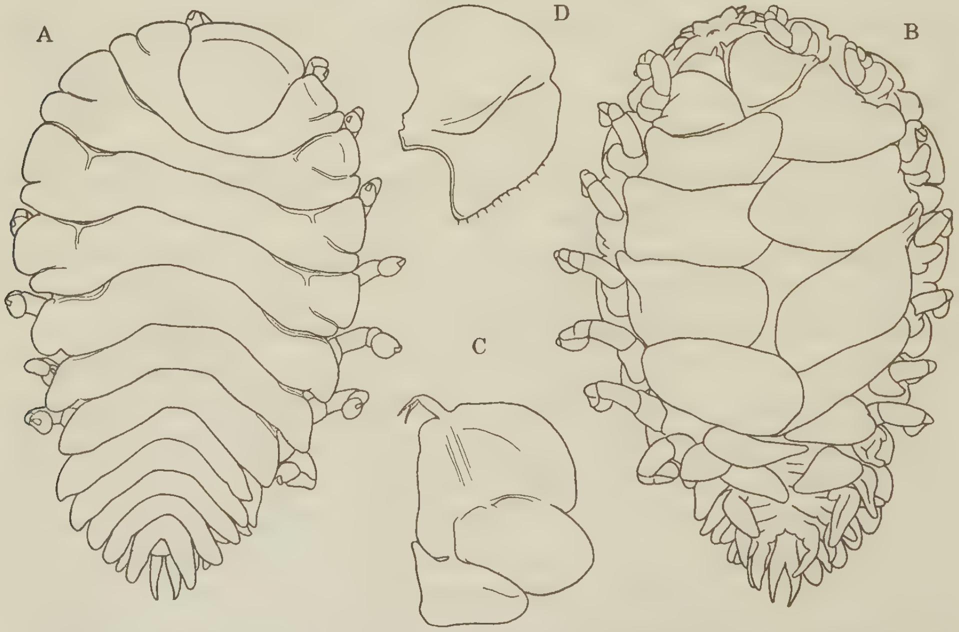


Fig. 4. *Pseudione calcinii* sp. nov., female. A, dorsal view; B, ventral view; C, maxilliped; D, first oostegite, inner face. A, B ×34; C ×83; D ×52.

narrowly round apex and cover pleopoda almost entirely. Last segment very small, triangular, without lateral plates and retreating much from the general outline of abdomen.

Cephalic appendages uncovered. Maxillipeds with narrow finger-like palp, terminating in two setae. Marsupium not vaulted and incompletely closed. Posterior lamella of first oostegites not produced and with inner crest entire. Pleopoda in five pairs, biramous; two rami narrowly foliaceous, attenuating toward tip. Endopodite turned inward at least in anterior pairs. Uropoda uniramous, resembling pleopoda in appearance.

Remarks: The possession of comparatively well-developed lateral plates enitrely covering the pleopoda, the presence of uniramous uropoda and the poor development of coxal plates appear to indicate a closer affinity of the new species to *Pseudione* than to any other genera known to occur on anomuran hosts. At Seto, *Calcinus herbstii*, a near ally of the host of the new species, is parasitized by *Propseudione rhombicosoma* SHIINO. Although the female of this species shows every characteristic of *Pseudione*, the male is different from the same of this genus in having the pleopoda represented by two pairs of tubercles in each segment. In so far as the male is unknown, the exact location of the new species is open to some doubt. It seems to me, however, appropriate to place the new species provisionally in *Pseudione*, since it shows a close resemblance in its general appearance to *Ps. hayi* Nz. et B. À B. which infests a species of *Munida*. These two species are different from each other in that the lateral plates of the new species are not so long as in *hayi*.

Parapseudione NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS, 1931

Parapseudione lata n. sp.

(Figs. 5 & 6)

Material: Two females, each associated with a male.

Host: *Pagurus middendorffii* BRANDT. In the left branchial cavity.

Locality: Yoichi, Hokkaido. Collected by T. HABE.

Holotype (Fig. 5, A–E): Female. Color whitish in alcohol, scattered with a very few pigment patches. 3.3 mm long, 2.3 mm wide across third thoracic segment. Body asymmetrically pyriform, broader anteriorly than posteriorly and with left side insensibly reentrant near the posterior end of thorax. Dorsal side slightly concave, ventral highly convex. All segments distinct except for first two abdominal segments which are more or less fused together.

Cephalon deeply sunk in thorax, only slightly shorter than wide, a little less than a quarter as long as body and semicircular in outline. Anterior border somewhat arcuate, without frontal lamina; lateral and posterior borders making

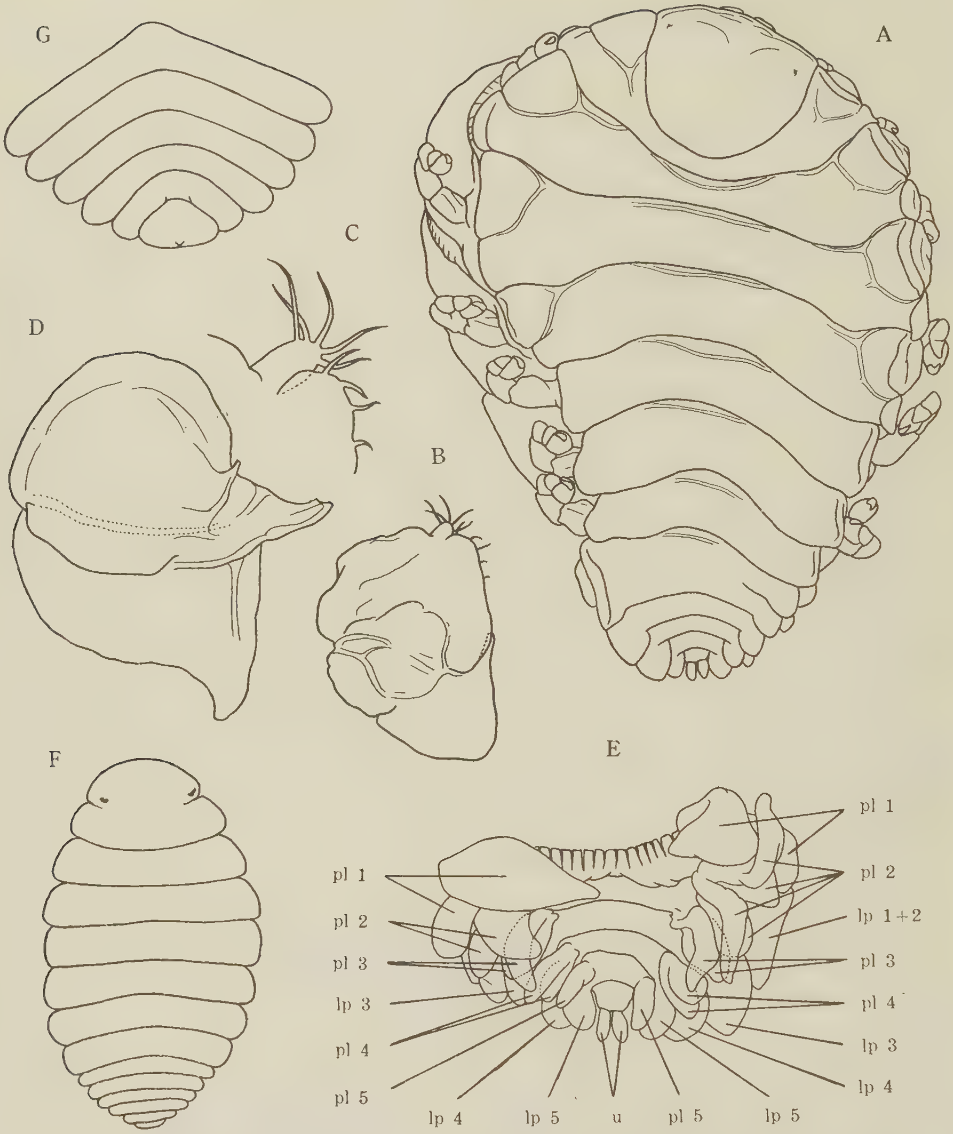


Fig. 5. *Parapseudione lata* sp. nov., holo- and allotypes. A–E, holotype, female; A, dorsal view; B, maxilliped; C, palp of same; D, first oostegite, inner face; E, abdomen, ventral view; F, G, allotype, male; F, dorsal view; G, abdomon, ventral view. A ×27; B, D, E ×41; C ×120; F ×52. lp 1–lp 5, lateral plates of first to fifth abdominal segment; pl 1–pl 5, first to fifth pleopoda; u, uropoda.

a continuous well-rounded curve. Eyes small, placed close to antero-lateral angle of cephalon. First thoracic segment narrower than succeeding segments and very short in mid-dorsal region; lateral regions directed forward. Second segment longer than first in mid-dorsal region, but still shorter than others. This and third segments transversely linear and the rest arcuate forward. Sides of

all segments somewhat curled dorsally on the right. First four segments bilobed on both sides, but without either ovarian bosses or coxal plates. Abdomen relatively small, about as long as cephalon and shorter than wide; all segments only slightly curved forward. First two segments coalesced together without retaining any trace of coalescence on the left, but distinct on the right for a short distance from the margin. Other segments distinct from one another. Lateral plates developed into short oval lobes directing backward in all segments except on the left of fused first two, where the plate forms a short rectangular, dorsally curved lobe. Last segment small, without lateral plates, truncate on caudal margin and retreating much from the lateral plates of fifth segment.

Posterior lamina of cephalon bears a single pair of simple hook-like processes. Maxillipeds carry short oval palp tipped by a few setae and are sparsely fringed by similar hairs just internally to the palp. Marsupium highly vaulted and closed. First oostegite with a small triangular projecting lobe on posterior lamella; internal crest entire. Pleopoda in five pairs, lamellar and diminishing in size from before backward. First four pairs biramous, fifth uniramous. In second pleopod of left side both the rami are divided again into two lobes. Endopodite of first three pairs broader than exopodite and nearly triangular; that of first pair directing forward, while others backward. Exopodite ovate in those pairs. Last two pleopoda short, lanceolate. Uropoda uniramous, resembling last pleopoda in shape, but much smaller.

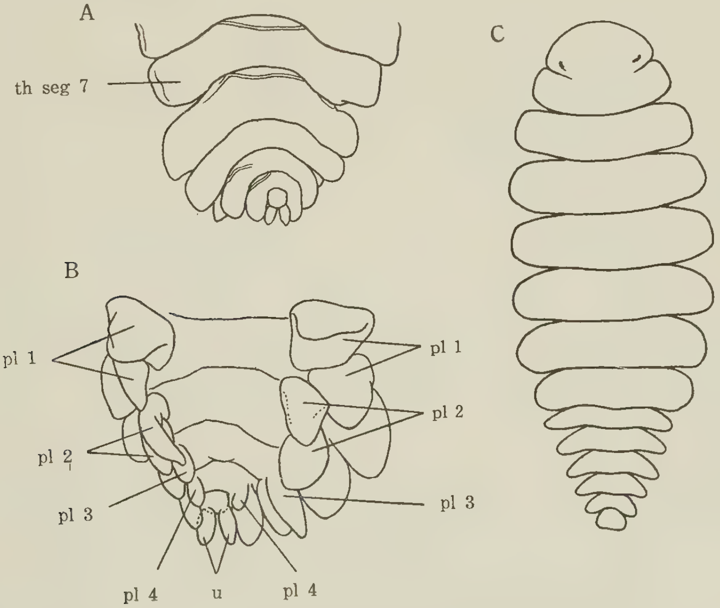


Fig. 6. *Parapseudione lata* sp. nov., paratypes. A–B, female paratype; A, abdomen, dorsal view; B, same, ventral view; C, male paratype, dorsal view. A ×27; B ×40; C ×52. th seg 7, seventh thoracic segment; other abbreviations as in Fig. 5.

Allotype (Fig. 5, F): Male. 0.9 mm long, 0.6 mm wide at fourth thoracic segment. Body stumpy, fusiform, narrowing toward both ends and strongly convex dorsally; color whitish, without pigment.

Cephalon transversely oval, widely round in front and fused behind with first thoracic segment; line of demarcation between them distinct only for a short distance from either side. Eyes close to postero-lateral corners of cephalon. Thoracic segments crowded together but distinct from one another. They are subequal in length and widest in fourth segment, from which they decrease in width both forward and backward. Abdomen triangular, about half as long as wide, one fifth as long as body and composed of six segments, which are rapidly decreasing in width posteriorly. Each of segments half as long as thoracic one. First five segments transversely linear in dorsal view, but V-shaped in ventral view and ending bluntly on the sides. Last segment triangular, with truncate caudal margin.

Medio-ventral tubercles of thorax absent. Neither pleopoda, nor uropoda.

Female paratype (Fig. 6, A & B): Differing from holotype in the possession of five abdominal segments and four pairs of pleopoda. First two pairs of pleopoda biramous, while last two pairs and uropoda uniramous.

Male paratype (Fig. 6, C): Body longer than in allotype in relation to width. Segments not crowded together and discontiguous on the sides.

Remarks: I refer the present species with some doubt to the genus *Parapseudione*. The two female specimens at hand are different from each other in the constitution of the abdomen and its appendages. In the holotype the first two segments are partially fused and the rami of the second pleopod of the fused side are divided into two lobes. The paratype, on the other hand, has those segments completely united, retaining only a single pair of pleopoda on this composite segment. Furthermore, the penultimate pair of pleopoda, which are biramous in the holotype, are reduced into uniramous appendages. Such a combination of characters as observed in the paratype is not met with in any genera thus far known and is believed to represent an anomaly. In the holotype, however, if the abnormality of the left second pleopod and the partial union of segments are disregarded, the constitution of the pleopoda (i. e. first five biramous, the fifth uniramous) is in agreement with that found in the genus *Parapseudione*.

The present species is discriminated from the type species, *dubia* Nz. et B. λ B., by a stronger expansion of body in the region of the second to fourth thoracic segments. The male is recorded for the first time to this genus and it may be defined as follows:

Male of *Parapseudione*: Cephalon fused with the first thoracic segment; succeeding thoracic and all abdominal segments distinct. No pleopoda, no uropoda.

Genus *Pseudionella* SHIINO, 1949

Pseudionella pyriforma sp. nov.

(Fig. 7, Pl. III, Fig. 3)

Material: A female accompanying a male and a cryptoniscan larva.

Host: *Diogenes edwardsii* (DE HAAN). In the right branchial cavity. The host bears a commensal actinian on its left chela.

Locality: Toshi Island, Mie Prefecture; September 8, 1951.

Holotype: Female. 3.7 mm long, 2.2 mm wide across third thoracic segment. Color whitish; no pigment, no eye. Body asymmetrically pyriform, with its axis curving in an S-form and broader anteriorly than posteriorly; lateral margin somewhat reentrant in the posterior region of thorax on longer side. Dorsal side more or less concave, ventral side strongly convex. All segments distinct.

Cephalon deeply sunk in thorax, relatively large in size, only slightly narrower than half the width of body and three quarters as long as its own width. Anterior margin slightly arched, curled dorsally and lacking frontal lamina; lateral borders converging backward to continue to well-rounded posterior border. First segment of thorax very short in mid-dorsal region, though expanded laterally. Second segment much longer than first, but still shorter than succeeding segments

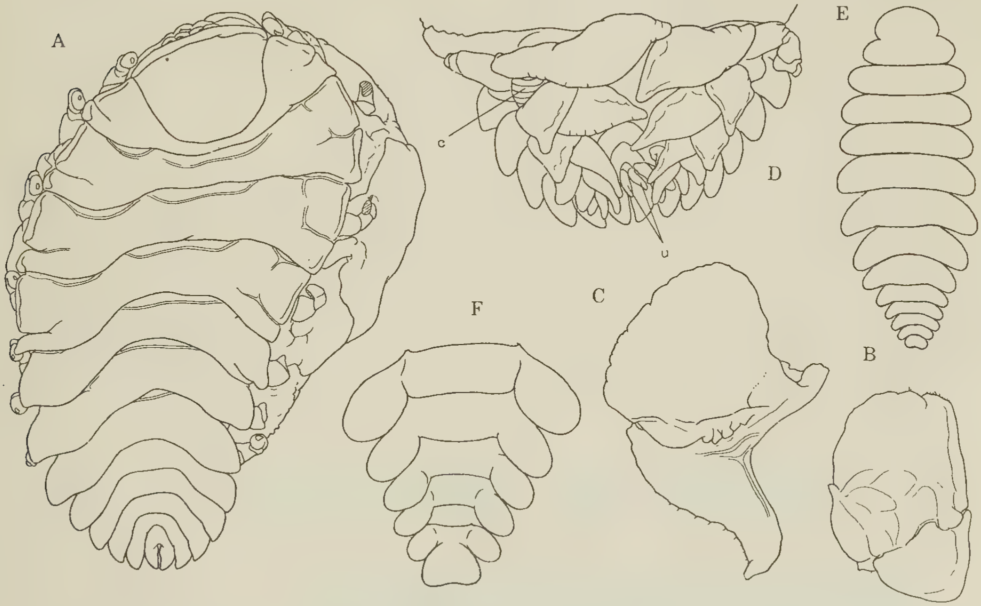


Fig. 7. *Pseudionella pyriforma* sp. nov. A–D, female; A, dorsal view; B, maxilliped; C, first oostegite, inner face; D, abdomen, ventral view; E, F, male; E, dorsal view; F, ventral view. A ×14; B ×25; C, D ×20; E ×35; F ×90. c, cryptoniscan larva; u, uropoda.

which are subequal to one another. First to four segments truncate and bilobed on margin. Posterior lobes are relatively well-developed, especially in second and third segments on the right where they are only slightly shorter than anterior lobes. They are curled dorsally on the left side. Last three segments form triangular lamella on either side and not bilobed except in fifth where rudimentary posterior lobe is recognizable. Coxal plates absent. Ovarian bosses very inconspicuous and present in first four segments. Abdomen small in size, a quarter as long as body and wider than long. Lateral plates well-developed in first five segments, ending in widely round margin, but more or less narrowly angular at posterior angle and completely covering pleopoda from above. Those of fifth segment extend backward so as to stand close to each other. Sixth segment very small, without lateral plates and entirely concealed beneath preceding segment.

Palp of maxillipeds sparsely ciliated on margin which continues on the inside to the margin of anterior lamella without demarcation. Posterior lamina of cephalon provided with a single pair of internally turning, acuminate hooks. Marsupium highly vaulted. Posterior lamella of first oostegite produced into linguiform lobe, whose apex is pointed and directed inward; internal crest slightly tuberculated. Pleopoda biramous, present in five pairs. Two rami triangular in shape, narrowing to the tip and devoid of surface tubercles. They diminish in size successively from before backward. Endopodite directed inward, while exopodite outward. Uropoda very small, half as long as last pleopoda and completely concealed beneath the lateral plates of fifth segment.

Allotype: Male. 1.3 mm long, 0.2 mm wide at fifth thoracic segment, not much convex dorsally. Color whitish, no pigment, no eye.

Cephalon twice as wide as long, gracefully round in front and entirely coalesced behind with first thoracic segment, from which it is demarcated only by deep lateral notches. Succeeding segments distinct from one another. Thorax narrowest in first segment, gradually widening backward, but again narrowed in seventh. All segments well-round on the sides. Abdomen composed of six segments, rapidly narrowing backward. First segment twice as long as succeeding ones which are subequal. Last segment cordiform, having a slight median excavation on caudal margin.

No medio-ventral tubercles. Pleopoda represented by a pair of low oval ventral swellings on lateral plates of first five abdominal segments. Uropoda absent.

Remarks: *Pseudionella* is rather close to *Pseudione* and *Parapseudione*. It is distinguished from *Pseudione* by the complete fusion of the cephalon with the first thoracic segment in the male. In this point it agrees with *Parapseudione*, from which, however, it differs in having the pleopoda in the male abdomen. The type species of the genus, *Pseudionella attenuata* SHIINO, has the pleopoda

of the female more or less degenerated in their rami as in the members of *Parapseudione*, though not identical in the extent of degeneration. In spite of that all the pleopoda are biramous, the present new species may more appropriately be located in *Pseudionella* than in the other genus on account of the character of the male. It may be distinguished from *attenuata*, not to mention of the difference in the pleopoda, by the relatively broader body of the female, by the well-developed lateral plates which entirely cover the pleopoda and by the shorter but broader abdomen of male, terminal segment of which is cordiform instead of claviform as in *attenuata*.

Genus *Parioninella* NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS, 1930

Parioninella obovata sp. nov.

(Fig. 8, Pl. III, Fig. 4)

Material: A female accompanying a male.

Host: *Munida japonica japonica* STIMPSON. In the branchial cavity.

Locality: Kannonzuka-dashi, Amadaiba, near Hayama, Sagami Bay; March 13, 1957. Collected by the Biological Laboratory of His Imperial Majesty.

Holotype: Female. Body rather symmetrical than asymmetrical, obovate in outline, somewhat concave dorsally and highly convex ventrally; 6.4 mm long from frontal lamina to pleopoda, 4.0 mm wide at third thoracic segment inclusive of coxal plates. Color whitish, no pigment, no eye. All segments distinct.

Cephalon wider than long, longer than one sixth the entire length. It is cordiform, having slightly bilobed front and V-shaped hind border and is produced laterally into small round lobes. Frontal lamina broadly lamellar. First thoracic segment rather short in mid-dorsal region. First to fourth segments are bilobed on margin and bear on their anterior lobe an oblong ovarian boss and a broad, lamellar coxal plate. Extending beyond fore and hind limits of segment margin, consecutive coxal plates more or less overlap one upon another and are curled dorsally. Margin of last three segments undivided, but expanded into broad lobes similarly curled dorsally as coxal plates of preceding segments. Ovarian bosses absent in them. Abdomen about one fifth as long as body, wider than its own length and composed of six segments. First five segments arched anteriorly and slightly expanded on both sides into short oval lateral plates, beyond which pleopoda extend for a short distance. Segmental borders crenulated on ventral side. Lateral plate of fifth segment undeveloped on left side. Terminal segment slender, claviform, devoid of lateral plates and not extending beyond those of fourth segment.

Marsupium is highly vaulted and almost completely closed, though a narrow median region is left open. Pleopoda in five pairs, all biramous, with rami

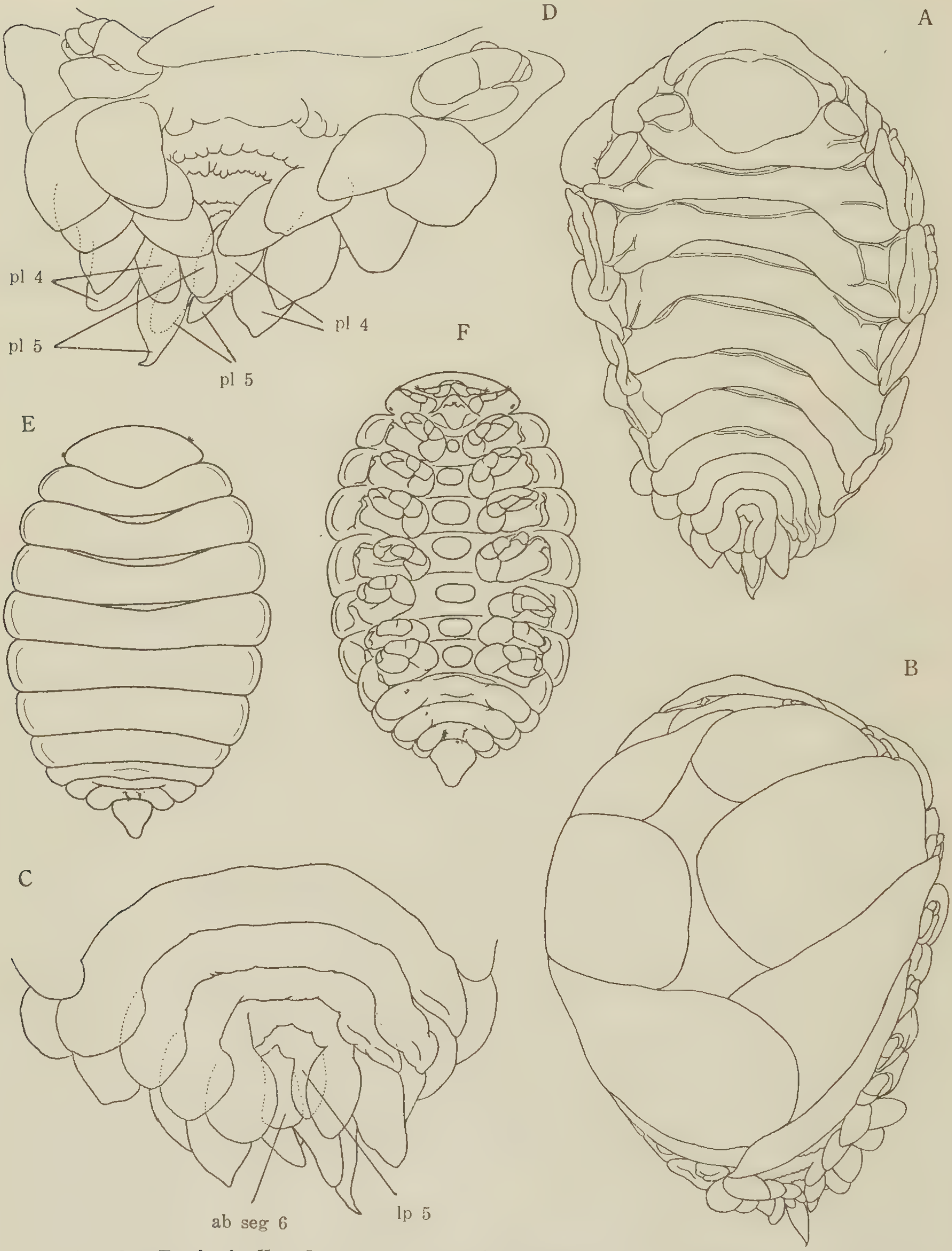


Fig. 8. *Parioninella obovata* sp. nov. A–D, female; A, dorsal view; B, ventral view; C, abdomen, dorsal view; D, same, ventral view; E, F, male; E, dorsal view; F, ventral view. A, B ×12; C, D ×27; E, F ×17. ab seg 6, sixth abdominal segment; other abbreviations as in Fig. 5.

foliaceous and narrowing toward end. Exopodite directed outward, whereas endopodite inward. They gradually diminish in size from before backward. Uropoda absent.

Allotype: Male. Stumpy, 1.6 mm long, 1.1 mm wide across fourth thoracic segment, highly convex above. Whitish, scarcely pigmented.

Cephalon distinct from first thoracic segment, half as wide as body and shorter than half of its own width. It is widely round in front, flattened V-shaped behind and bears a tiny eye on ventral surface at each lateral angle. Thorax widest in fourth segment, from which it narrows both forward and backward. Lateral part of segment is well-round and turned ventrally and, as it turns, it forms a longitudinal ridge, a slight concavity of surface intervening between the ridge and extreme margin. Abdomen short, less than one fifth the entire length, about half as long as wide and four-segmented. All segments except last are short, arched anteriorly and round on lateral margin. First two segments convex dorsally, whereas the rest depressed. Last segment as long as wide, triangular, narrowly blunt at caudal end and slightly sinuate on either side.

Medio-ventral tubercle is present in all thoracic segments as well as in first abdominal segment, where it is somewhat inconspicuous. Pleopoda in three pair and represented by paired oval ventral tubercles on first three abdominal segments.

Remarks: I refer the present species, with some doubt, to the genus *Parioninella*. It goes beyond the confine of the genus in the complete absence of uropoda in the female. In this point, it resembles *Bopyrissa* Nz. et B. À B., but bears no close relationship to this genus, in which the coxal plates are rudimentary and the male abdomen is five-segmented. *Bopyriscus* RICHARDSON is another genus with which the present species is in accord in some characters. In both of them, the uropoda are absent from the female and the male abdomen consists of four segments, anterior three of which bear tubercular pleopoda. *Bopyriscus*, however, is entirely deprived of coxal plates in the female and has the marsupium widely open. Despite the absence of female uropoda, therefore, the genus to which the present form is adequately designated appears to be *Parioninella*. The new species is distinguished from the type of the genus, *astridae* Nz. et B. À B., by the moderately well-developed lateral plates of the female abdomen and by the broad stumpy body of the male.

Genus *Gigantione* KOSSMANN, 1881

Gigantione sagamiensis sp. nov.

(Fig. 9)

Material: Two females, each associated with a male.

Host: *Carpiliodes lophopus boninensis* ODHNER. Two host crabs parasitized in the right and left branchial cavity respectively.

Locality: Kannonzuka-dashi, Amadaiba, near Hayama, Sagami Bay, 60–65 m

deep; July 22, 1957. Collected by the Biological Laboratory of His Imperial Majesty.

Holotype: Female, left individual. 3.7 mm long from front to uropoda, 3.2 mm wide across fourth thoracic segment. Body ovate, strongly asymmetrical, dorsal surface flat, though lateral parts turned upward in posterior segments, and ventral surface highly convex. All segments distinct. Color pale pinkish yellow in alcohol, neither with pigment nor with eye.

Cephalon as wide as long, about a quarter as long as body and roughly circular in shape. Front slightly sinuous on the median and lacking marginal lamina. Third and fourth thoracic segments are largest in width and in mid-dorsal length. From those segments forward and backward width and length of segment grow gradually smaller. First segment arched backward encircling posterior border of cephalon, second linear and others arched forward. Lateral parts bilobed in second to fourth segments on both sides and in fifth on the right, but undivided in others. Anterior lobes as long as posterior lobes on the right except in fifth segment and the former longer than the latter on the left; the latter continues to the base of oostegite without distinct demarcation on the right. Ovarian bosses small, ovate and present in first four segments. Coxal plates well-developed in all seven segments and represented by narrow but elongate lamellae freely projecting from the limb bases. Those of right side folded over dorsal face, crescentic in shape, ending in blunt apex in third to seventh segments, but pointing in first two. Left plates triangular in first two segments, crescentic in following three, and oval in last two; all of them not folded over dorsal face. Abdomen one fifth as long as body, twice as wide as long and composed of six segments, all except the last arched anteriorly. First five segments provided with lateral plates well separated from one another at their very bases. Plates of left side short, apically narrowed and smooth on surface, while those of right elongated, attenuating to the tip, tuberculated on surface as well as on margin, and more or less folded over dorsal surface. Last segment triangular, without lateral plates and truncate on caudal margin.

Maxillipeds thickly surrounded by a series of short plumose hairs along entire margin of anterior lamella and on antero-internal portion of posterior lamella. Posterior lamina of cephalon trapezoid, non-tubercular and furnished with a single pair of lateral hooks. Marsupium highly vaulted and almost completely closed. First oostegite lacking posterior elongation on posterior lamella and entire on internal crest. Pleopoda in five pairs, all biramous. First pair much larger than following pairs in size and different in structure. Two rami are broad, foliaceous lamellae directed inward and arched over ventral surface of abdomen so as to cover other pairs; endopodite attenuates to filiform tip, while exopodite ends in blunt tip and sends off externally beyond the base a narrowly

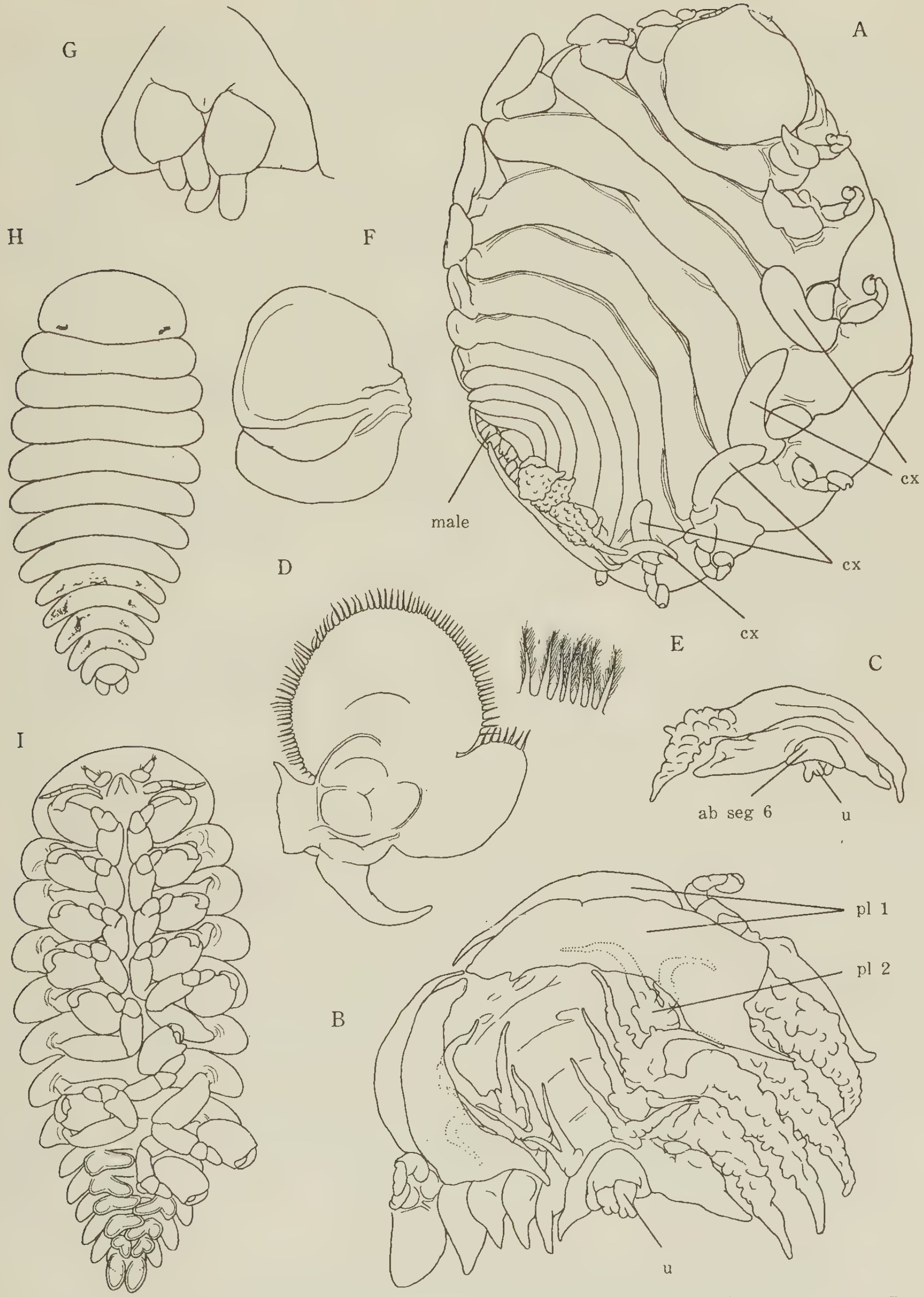


Fig. 9. *Gigantione sagamiensis* sp. nov. A, female with male, dorsal view; B–G, female; B, abdomen, ventral view; C, posterior end of abdomen, dorsal view; D, maxilliped; E, marginal hairs of same; F, first oostegite, inner view; G, last abdominal segment with uropoda, dorsal view; H, male, dorsal view; I, same, ventral view. A, F ×21; B, C ×27; D, H ×41; E ×120; G ×83; I ×52. cx, coxal plates; other abbreviations as before.

acuminating lobe. Succeeding pairs similar to one another in structure and only slightly diminishing in size from before backward. They consist of narrow filiform, more or less tuberculated rami which diverge from the very base. All pleopoda including first pair thickly covered with very fine spinules on their surface. Uropoda small, arising from ventral surface of last segment a short distance in front of its caudal margin and composed of broad base and two rod-shaped rami.

Allotype: Male. 1.4 mm long including uropoda, 0.6 mm wide across fourth thoracic segment. Whitish in color, with scattered pigment patterns on abdominal segments on dorsal surface. All segments distinct.

Cephalon large in size, a little narrower than widest segment, half as long as wide and semicircular in outline, having widely round anterior and almost truncate posterior borders. Eyes close to postero-lateral angles. All thoracic segments subequal in length and wide and well round on sides. Abdomen two fifths as long as rest of body, narrowing backward. All segments except the last more or less arched forward and with narrowly round lateral plates. Last segment without lateral plates, nearly elliptical though somewhat angular on caudal margin on the median.

No medio-ventral tubercles. Pleopoda in five pairs, biramous, composed of diverging, rod-shaped rami; endopodite a little longer than exopodite and the both blunt at their apices. Uropoda uniramous, foliaceous and extending back beyond posterior margin of last segment.

Remarks: *Gigantione* has hitherto been represented by five species: *moebi* KOSSMANN, *giardi* NOBILI, *rathbunae* STEBBING, *bouvieri* BONNIER and *ishigakiensis* SHIINO. The new species is different from the first two and the last of these species in the absence of lateral lobes on the cephalon of female. It differs from the third of them in lacking the marginal serration on the rami of the first pleopoda and from the fourth in the stronger asymmetry of female body as well as in having broader coxal plates. The male of the new species is distinguished from that of all the known species by the possession of rod-shaped rami of pleopoda.

Genus *Metabopyrus* SHIINO, 1939

Metabopyrus ovalis SHIINO

(Fig. 10)

SHIINO, 1939. Rec. Oceanogr. Works Japan, **10**: 88–91, Figs. 7–8.

Material: A female without male.

Host: Unknown. (The holotype was the parasite of *Upogebia issaeffi* BALSS).*

---

* The host was recorded under the name of *U. major* in my previous paper. According to Dr. R. GOODING's personal correspondence, who sent the Japanese *Upogebia* to Dr. L. B. HOLTHUIS for identification, this author is said to hold the view that this *Upogebia* ought to be assigned to *issaeffi*.

Locality: Unknown. Found deposited in the Museum of the Prefectural University of Mie.

Female: 7.4 mm long, 6.7 mm wide, somewhat more compressed antero-posteriorly than in holotype.

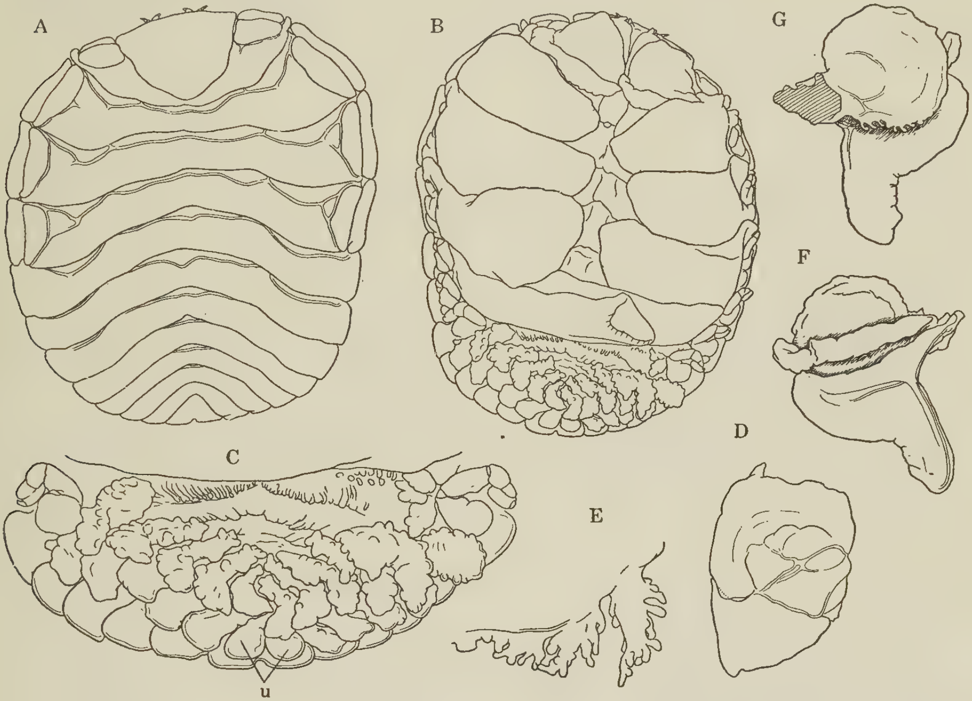


Fig. 10. *Metabopyrus ovalis* SHIINO. A–G, female; A, dorsal view; B, ventral view; C, abdomen, ventral view; D, maxilliped; E, processes of posterior lamina of cephalon; F, first oostegite, outer face; G, same, inner face. A, B ×7.5; C, D ×14; E ×20; F, G ×9. u, uropoda.

The following is a supplement to the original description:

Maxillipeds with a small triangular palp at antero-internal angle. Posterior lamina of cephalon tuberculated on mid-ventral region and furnished with two pairs of tuberculated or digitated lateral hooks. Anterior lamella of first oostegite with a broad transverse ridge close to its posterior boundary; posterior lamella produced into a long linguiform lobe and internal crest fringed by short digitiform processes. Pleopoda tuberculated on both rami, though far more sparsely on exopodite; tubercles covered on their surface with fine spinules or granules.

Genus *Procepon* SHIINO, 1937

Procepon insolitum SHIINO

(Fig. 11, Pl. III, Fig. 5)

SHIINO, 1937. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **12**: 484–486, Figs. 3–5.

Material: A female with a male.

Host: *Upogebia issaeffi* BALSS. In the branchial cavity.

Locality: Sugashima, Mie Prefecture; March 31, 1957.

Female: Body obovate, somewhat relatively longer than in holotype, 13.0 mm long exclusive of uropoda, 10.0 mm wide across fourth thoracic segment. Coxal plates devoid of filiform postero-lateral elongation. Pleopoda broader than in holotype at their bases, but far narrower apically, extending as filiform lobes for

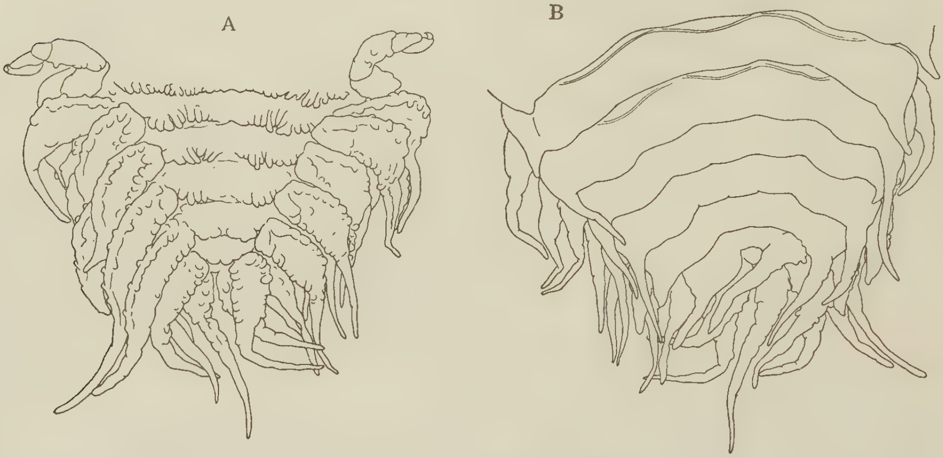


Fig. 11. *Procepon insolitum* SHIINO, female. A, abdomen, dorsal view; B, same, ventral view. ×7.5.

some distance laterally. Lateral plates also produced back in filiform elongation. Last segment without median process.

Male: Body segments contiguous. Terminal segment lacks median process.

Genus *Parapenaeonella* SHIINO, 1949

Parapenaeonella distincta SHIINO

(Fig. 12)

SHIINO, 1949. Bull. Biogeogr. Soc. Japan, **14**: 59–60, Fig. 1.

Material and *Localities*: A female and a male collected at Aritaki, Mie Prefecture, another couple in Tsu and five couples at Momotori, Mie Prefecture.

Host: *Trachypenaeus curvirostris* (STIMPSON) in all cases. In the branchial cavity.

Male: All the specimens at hand are somewhat different from the type in the constitution of abdomen. All abdominal segments are entirely fused into a single triangular piece, the boundaries between consecutive segments being indicated merely by the undulation of lateral sides. Pleopoda are represented by five pairs of ventral tubercles on this piece which are at times inconspicuous, or absent in posterior pairs.

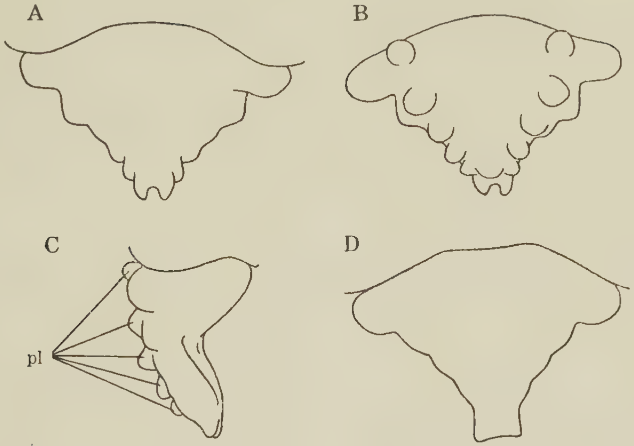


Fig. 12. *Parapenaeonella distincta* SHIINO, male. A–C, abdomen of male (specimen No. 18); A, dorsal view; B, ventral view; C, lateral view; D, dorsal view of abdomen of another male. ×27. pl, pleopoda.

Genus *Parapenaeon* RICHARDSON, 1904

Parapenaeon consolidata var. *richardsonae* SHIINO

(Pl. III, Fig. 6)

SHIINO, 1933. Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 250–253, Fig. 1.

Material and Localities: Four females each associated with a male, at Toshi Island, Mie Prefecture, August 13–14, 1950; seven females and eight males, off Owase, Mie Prefecture, September 22, 1950. One of the females from Owase was accompanied by two males.

Host: *Metapenaeopsis acclivis* (RATHBUN) in all cases. One of the hosts taken at Toshi Island was infected in the branchial cavities of both sides.

Genus *Apopenaeon* NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS, 1931

Apopenaeon japonicum var. *hiraiwai* SHIINO

(Fig. 13, Pl. III, Fig. 7)

SHIINO, 1950. J. Mie Med. Coll., **1**: 154–155.

Synonym: *Apopenaeon japonicum*, SHIINO 1934. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **9**: 260–263, Fig. 2. *Epipenaeon japonica*, HIRAIWA 1933, J. Hirosima Univ., B, Div. 1, **2**: 49–70.

Material, localities and *hosts*: 1) Parasitic on *Metapenaeopsis acclivis* (RATHBUN). Specimen No. 3, seven females and eight males, off Owase, Mie Prefecture, September 22, 1950, collected by myself; No. 15, a female and a male, at Aritaki, Mie Pref., 1951; No. 17, a female and a male, off Owase, September 1951; No. 19, a female and a male, in Owase Bay, September 1951; No. 20, 18 females and 16 males, at Aritaki, collected by Iwai, November 1952; No. 22, 22

females and 22 males, at Momotori, Ise Bay, September 1951; No. 24, a female and a male, in Tsu, Ise Bay, date unknown; No. 26, three females and three males, locality unknown; No. 27, two females and two males, off Toshi Island, Ise Bay, September 8, 1951; No. 28, two females, one juvenile female and one male, Ise Bay, by T. Kubota; No. 46, a female and a male, Osaka Bay; No. 56, a female without male, locality unknown.

2) Parasitic on *Metapenaeopsis barbatus* (DE HAAN) (=*Penaeopis akayebi* RATHBUN). No. 21, a female and a male, at Momotori, September 1951; No. 69, a female without male, in Owase Bay, September 18, 1957, by K. Suzuki.

Females: Three types of females are distinguished according to the extent of development of coxal plates on the shorter side of body, though they are connected to one another by intermediate stages. In type I, the coxal plates on the third and fourth thoracic segments are in the condition of narrow linear, rudimentary lobes on the shorter side and the plates of the succeeding segments on the same side are not distinct from segment proper (Fig. 13, A). In type II, the plates of the third and fourth segments are more or less broadly lamellar, but not so well developed as in the foregoing segments, and those of the succeeding segments are more or less distinctly constricted at their bases (Fig. 13, B). In

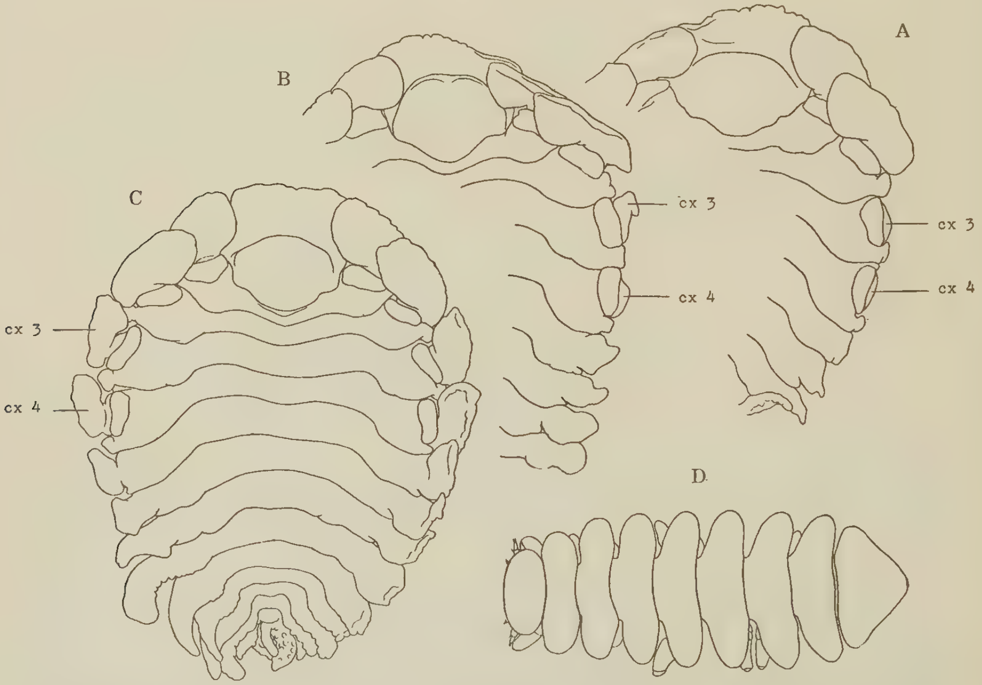


Fig. 13. *Apopenaeon japonicum* var. *hiraiwai* SHIINO. A–C, three types in the development of coxal plates on the shorter side of body; A, type I; B, type II; C, type III; D, male of type II. A–C ×7.5; D ×18. cx 3–cx 4, coxal plates of third and fourth thoracic segments.

type III, they are well developed in the third and fourth segments, expanding into broad lamellae, which are the same in structure as the plates of foregoing segments, and those of the following segments are well separated (Fig. 13, C, the shorter side of body corresponding to the left).

Males: There are two types of males which are distinct from each other in the configuration of abdomen. Type I, represented by the allotype (SHIINO 1933, Fig. 2, C), has a semicircular abdomen, which is well round on either side and with or without median depression at caudal end. In type II, the abdomen, being triangular, has two sides nearly straight, which meet each other on the median forming a narrowly round posterior angle.

The different types of sexes do not represent local variations, but merely individual ones, since all of the types can be found mixed among the specimens collected in the same locality on the same date. There is no correlation between the types and the sides of branchial cavities of host in which the parasite lives. There are, again, no definite combinations between the types of sexes, any of the two types of males being able to live on whatever type of female. Such a state of things may well be exemplified by the specimens lot No. 20, which consist of 18 females and 16 males (Table I).

By the way, it is not infrequent that a single host bears two females, one on each of the branchial cavities.

Table I

Branchial cavity of host	Female type	Number of case	Male types coexisting with each type of female	Number of case
Right	I	2	I	2
			II	0
	II, III	3	I	2
			II	1
Left	I	1		0
	II, III	12	I	8
			II	3

Genus *Orbione* BONNIER, 1900

Orbione halipori NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS

(Fig. 14)

NIERSTRASZ and BRENDER À BRANDIS, 1923, Siboga-Exped., **32** b: 64–65, Pl. 1, Fig. 2.

Material: Six females each associated with a male.

Host: *Parahaliporus sibogae* (DE MAN). In the branchial cavity.

Locality: Off Owase, Mie Prefecture. Three couples, September 22, 1951; another three couples, December 9, 1952, all collected by myself.

Female: 19.9 mm long including frontal lamina and uropoda, 12.2 mm across third thoracic segment (in the specimen shown in Fig. 14, A). Pale yellowish brown in alcohol, without pigment and eye. Body almost symmetrical, asymmetry being recognizable only in the development of coxal plates; dorsal side flat, or very slightly convex in central region, ventral side highly convex.

Cephalon one third as wide as body, longer than half of its own width, widely round in front, somewhat undulated behind and produced on either side into oval lobes. Frontal lamina broad, more or less crenated on margin. First thoracic segment very short in mid-dorsal region and distinct both anteriorly and posteriorly. Boundaries of succeeding segments more or less obliterated in mid-dorsal region though distinct laterally. First four segments bilobed on margin and with narrow ovarian bosses in their anterior lobes; posterior lobes relatively well-developed except in first segment. Last three segments undivided on margin and without ovarian bosses. Coxal plates broadly lamellar in first two segments on both sides. They are expanded especially in their anterior half to extend forward as well as inward and partially cover the marginal regions of foregoing segments; their margin is more or less crenated. Plates of following two segments lamellar

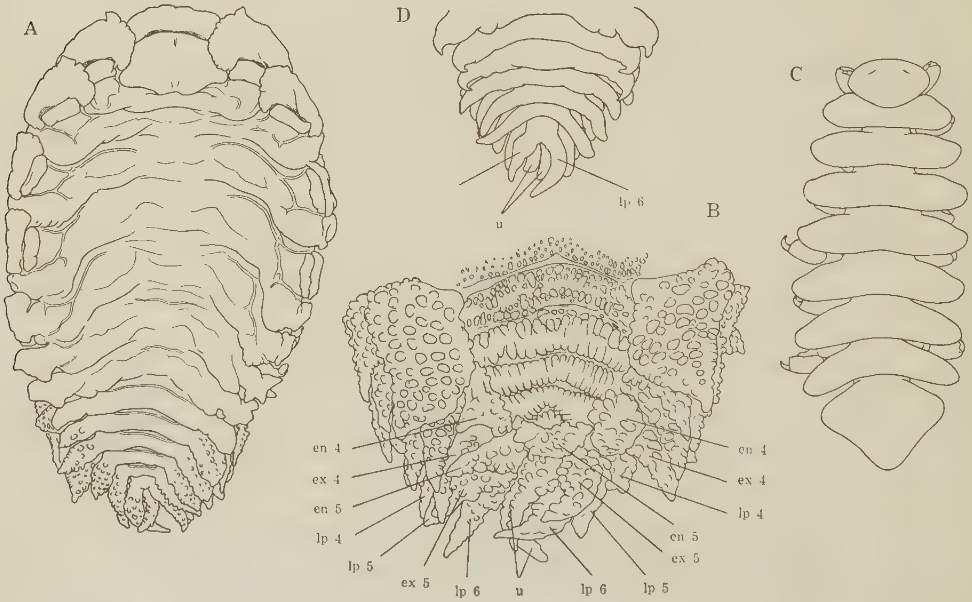


Fig. 14. *Orbione halipori* NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS. A, female, dorsal view; B, abdomen of same, ventral view; C, male, dorsal view; D, immature female, abdomen, dorsal view. A ×3.6; B, D ×7.5, C ×11. en 4–en 5, endopodites of fourth and fifth pleopoda; ex 4–ex 5, exopodites of fourth and fifth pleopoda; lp 4–lp 6, lateral plates of fourth to sixth abdominal segments; u, uropoda.

on longer side, but reduced into narrow linear lobe on shorter side; those of former side not expanded so much as in preceding segments. Coxal plates of following three segments are not bordered from tergum by any groove, but demarked by basal constriction. They are lamellar and more or less irregular in shape. Abdomen less than one third the length of entire body, wider than long and composed of six segments, all delimited one from another by distinct boundaries. Lateral plates well-developed in all six segments, freely projecting laterally as foliaceous lamellae and covering pleopoda from above almost completely; their surface thickly tuberculated on both dorsal and ventral sides. They are slightly but successively longer, but narrower from before backward. Ventral surfaces of segments tuberculated along two borders.

Maxillipeds bear triangular, inwardly directed palp. Posterior lamina of cephalon furnished with two pairs of digitate lateral processes. Marsupium vaulted and partly open in a narrow median longitudinal area. Posterior lamella of first oostegite produced into linguiform, caudo-laterally extending lobe. Pleopoda present in five pairs, all biramous; both rami lamellar and thickly tuberculated on surface. Rami of first pleopoda broad and triangular. Those of others gradually narrow in increasing degree from before backward. Uropoda uniramous, resembling pleopoda in appearance.

Male: 5.3 mm long, 2.2 mm wide across fifth thoracic segment. Color pale yellowish brown in alcohol.

Cephalon half as wide as widest segment, two thirds as long as wide, broadly round in front, flattened V-shape behind and sunk in first thoracic segment, from which it is distinct. Eyes hardly discernible. Thorax is made up of discontiguous segments which have narrowly round lateral margin. It enlarges in width from first segment to fifth successively and narrows from this backward. Abdomen has all segments consolidated into a single rhombic piece. It is wider than long, widest in front of the centre and three quarters as wide as fifth thoracic segment. Lateral and caudal angles narrowly round.

First antennae short, three-jointed, with terminal joint very tiny. Second antennae extending beyond cephalic margin and composed of four joints, of which terminal two are rather minute. No medio-ventral tubercle, no pleopod, nor uropod.

Immature female (Fig. 14, D): Lateral plates of sixth segment longer than those of preceding segments and twice as long as uropoda; tuberculation not yet conspicuous.

Remarks: The present lot of specimens are almost in exact agreement with that described by Nierstrasz and Brender à Brandis. The species is recorded for the first time from our waters.

Genus *Argeia* Dana, 1853

Argeia pugettensis Dana

(Pl. III, Fig. 8)

Dana 1853, U. S. Explor. Exp., Crust., **14**: 804, Pl. 53, Fig. 7; Richardson 1899, Proc. U. S. Nat. Mus., **21**: 868; 1905, Bull. U. S. Nat. Mus., **54**: 544–550, Figs. 586–597; Bonnier 1900, Trav. St. Zool. Wimereux, **8**: 327–328; Shiino 1933, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 277–279, Fig. 11.

Synonym: *A. calmani*, Bonnier 1900, loc. cit.: 329.

Refer to Richardson 1905 for further bibliography.

Material: 1) Parasitic on *Crago affinis* (de Haan). No. 7, two females and two males, at Karasu, Mie Pref., Ise Bay, March 27, 1952, by K. Suzuki; No. 8, one female and one male, at Shiratsuka, Mie Pref., Ise Bay, March 1950, By K. Suzuki; No. 44, numerous couples, Ise Bay; No. 45, four adult, one immature females and three males, at Shimmaiko, Chita Peninsula, east coast of Ise Bay, May 5, 1947; four females and one male, Osaka Bay; No. 48, 17 females and 17 males, off Kushiro, Hokkaido by M. Sakurai; No. 69, a female and a male, at Akkeshi, Hokkaido, by T. Oguro.

2) Parasitic on *Nectocrangon lar* (Owen). No. 47, five females and four males, at Tsuiyama, Hyogo Pref., Japan Sea, 80 fathoms deep.

3) Parasitic on *Crago sagamiense* (Balss). No. 10, female and a male, at Owase, September 22, 1950; No. 1203 (H. I. M., Biol. Lab.), a female and a male, at Goromba, off Nagai, Sagami Bay, 130 m deep, December 21, 1956.

Remarks: A female found on *Crago affinis* from Shimmaiko shows filiform lateral processes on the thoracic segments and all the females from *Nectocrangon lar* have the lateral parts of thorax expanded in triangular lamellae. In all others lateral parts are neither expanded, nor produced.

Argeia lowisi Chopra

(Fig. 15)

Chopra 1923, Rec. Ind. Mus., **25**: 477–480, Pl. 15, Figs. 1–5.

nec *A. lowsi*, Nierstrasz et Brender à Brandis 1929, Vidensk. Medd. fra Dansk. Naturh. Foren., **87**: 16, Figs. 17–18.

Material: A female and a male.

Host: *Alpheus* sp. (either *rapax*, or *brevirostris*). In the left branchial cavity.

Locality: Sumoto, Awaji Island, Osaka Bay, July 1956, by S. Kubota.

Female: Body round, wider than long and wider anteriorly than posteriorly. Much asymmetrical, more strongly expanded on the left than on the right; 8.5 mm long including uropoda, 6.8 mm excluding these and 8.1 mm wide at third thoracic segment. Whitish in color and without pigment. Both dorsal and ventral surfaces almost flat. All segments distinct.

Cephalon relatively small, about a quarter as wide as body and twice as wide as its own length. Dorsal face divided into two oval swellings by a shallow

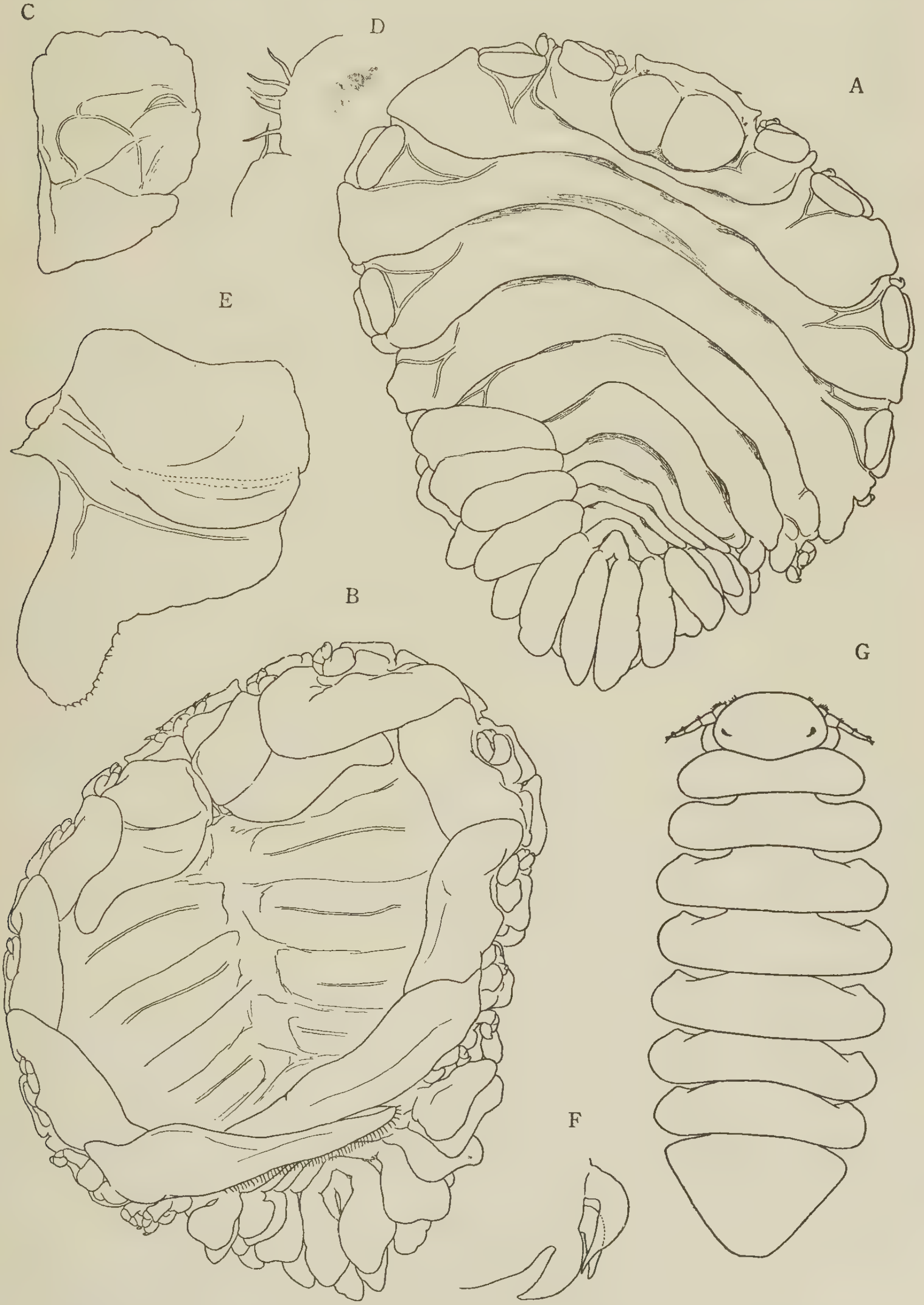


Fig. 15. *Argeia lowisi* CHOPRA. A–E, female; A, dorsal view; B, ventral view; C, maxilliped; D, palp of same; E, first oostegite, inner face; F, posterior lamina of cephalon; G, male, dorsal view. A, B ×10; C, E, F ×19; D ×83; G ×27.

longitudinal groove. Frontal lamina narrow, slightly undulated on free margin, narrowly angular on either side and with a small patch of eye pigment. First two thoracic segments very short in mid-dorsal region, while others much longer and subequal to one another. Lateral parts expanded and bilobed in first four segments. Posterior lobes about as long as or even longer than anterior lobes in second and third segments on both sides and fourth on the right but much reduced in length in first segment and in fourth on the left. Last three segments neither expanded, nor bilobed on margin and more or less irregularly shaped; right margin of fifth and sixth segments with a small oval lamella at posterior angle. Oblong ovarian bosses distinct in first four segments. Coxal plates narrow, placed just outside those bosses. Abdomen small in size, a third as wide as body and same time as long. It consists of six crowded segments, lacking lateral plates. Sides of segments continue to the bases of pleopoda through constriction. Last segment notched on the median. Segmental borders entire on ventral surface.

Maxillipeds notched at antero-internal angle and fringed by a few hairs in front and behind the notch. Posterior lamina of cephalon with three pairs of simple, acuminate lateral hooks. Marsupium widely open, with oostegites narrow. First oostegites with linguiform elongation on posterior lamella, and internal crest entire. Pleopoda in five pairs, biramous, both rami issuing from extreme margin of segments outward. Exopodites elongate oval lamellae. They are much longer on the left than on the right in first pair and decrease in size from before backward on the former side, but increase on the latter side; in last pair, left member is only slightly larger than right member. Bases of right exopodites overlap segment margin. Endopodites nearly triangular and slightly enlarging in size from before backward on either side. Uropoda uniramous, resembling last exopodite in shape as well as in size.

Male: *Allotype*. 2.9 mm long, 1.2 mm wide at fourth thoracic segment. Color whitish in alcohol, without pigmentation except eye. Cephalon and all thoracic segments distinct.

Cephalon transversely oval, three fifths as wide as long, half as wide as widest segment, well round in front and very slightly arched behind. Eye close to each lateral angle. Thoracic segments somewhat discontiguous and subequal in length and width except first segment, which is narrower and shorter than others on midline. Lateral parts of segments well round, but triangularly produced in third to seventh segments on anterior margin a short distance internally to either side. All segments of abdomen united into a single triangular segment, which is three quarters as wide as widest segment and two thirds as long as its own width. Antero-lateral corners angular, two sides nearly straight, converging backward to meet each other through narrow truncate caudal margin.

Medio-ventral tubercles, pleopoda and uropoda all absent.

Remarks: The present species was erected by CHOPRA based on a single female specimen. Although NIERSTRASZ and BRANDER À BRANDIS recorded the couple of a bopyrid under the name of *Argeia lowisi*, the female from this couple has broader pleopoda than in CHOPRA's one. I have obtained a species of *Argeia*, sexes of which are in complete agreement with those of NIERSTRASZ and BRENDER À BRANDIS. As it may be clear from the comparison of this species, which will be described in the following section, with the present species, their males are completely different in the configuration of abdomen and the present female has longer and narrower pleopoda.

In addition to the absence of male, CHOPRA's original record was not accompanied with the figure of the dorsal aspect of female. The description of mine given above is largely in accord with that given by him and the most critical points, by which the Japanese female can be assigned to his species, are the narrow pleopoda and the bilobed terminal segment. There may be hardly any doubt in the identity of the present specimen with *lowisi*. It is evident that NIERSTRASZ and BRENDER À BRANDIS were erroneous in their assignment.

Argeia nierstraszi n. sp.

(Fig. 16)

Synonym: *Argeia lowisi*, NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS 1929, Vidensk. Medd. fra Dansk. Naturh. Foren., **87**: 16–17, Figs. 17–18.

Material: A female and a male.

Host: *Alpheus bis-incisus* DE HAAN. In the branchial cavity.

Locality: Mie Pref., August, 1952.

Holotype: Female. Body pyriform, wider anteriorly than posteriorly, as long as wide, 5.4 mm long including uropoda, 4.8 mm excluding these, 4.9 mm wide across third thoracic segment. Both dorsal and ventral surfaces nearly flat. Color whitish, no pigment. All segments of body distinct. Closely resembling *A. lowisi* in appearance.

Cephalon one third as wide as entire width, two thirds as long as its own width and deeply sunk in thorax. It is truncate in front and well round behind, showing semcircular outline, and has antero-lateral angles slightly produced laterally. Frontal lamina rudimentary, narrower than cephalic width and angular at either lateral corner. Eyes placed close to antero-lateral angles of cephalon and represented by irregular pigment patches. First thoracic segment narrower than succeeding segments and much reduced in middorsal length; lateral parts divided into longer anterior and much shorter posterior lobes. Succeeding four segments expanded and bilobed on each side; posterior lobes longer than, or as long as anterior lobes in second and third segments, but shorter in following two. Last two segments not expanded; posterior lobes more or less rudimentary and

retreating from segmental margin. Ovarian bosses more or less rectangular, distinct in first to fourth segments. Coxal plates very narrow, present in second to fourth segments, but absent in first. Abdomen triangular, a quarter as long as body and about as long as wide. First five segments arched forward in V-shape, without lateral plates, their sides directly continuing to the bases of exopodites of pleopoda. Last segment triangular, truncate on caudal margin. Ventral borders of segments entire.

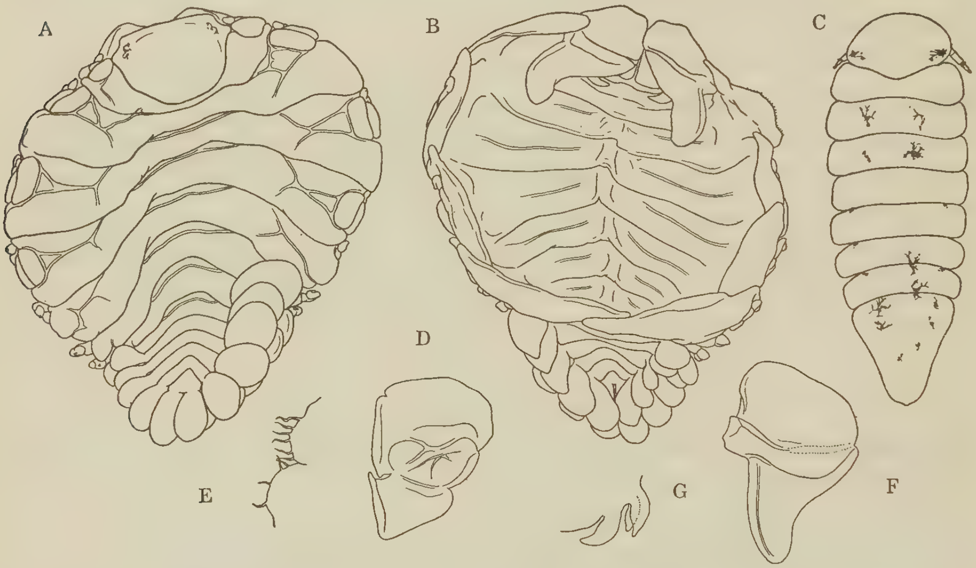


Fig. 16. *Argeia nierstraszi* sp. nov. A, female, dorsal view; B, same, ventral view; C, male, dorsal view; D–G, female; D, maxilliped; E, palp of same; F, first oostegite, inner face; G, posterior lamina of cephalon with lateral hooks. A, B ×10.5; C ×31; D, G ×20; E ×90; F ×14.

Maxillipeds with a notch at antero-internal angle of anterior lamella and with a fringing hairs in front and behind the notch. Posterior lamina of cephalon armed with three pairs of simple hooks. Marsupium widely open, circumscribed by narrow oostegites. First pair of oostegites has linguiform posterior elongation; inner crest crescentic and entire. Pleopoda in five pairs, biramous. Exopodites oval, slightly longer than wide and constricted at base to continue to the segment. In first segment, exopodite is much larger on the right than on the left and in succeeding segments it becomes gradually smaller backward on the right, while larger on the left, so that in fifth segment members of both sides are equal in size. Endopodites triangular, or oboval on the right and subequal in size in all pleopoda. Those of left side ovate, smallest in third segment, enlarging both forward and backward. Any member of the right larger than any of the left. Exopodite exceeding endopodite in length in every pair of pleopoda. Uropoda

uniramous, similar to exopodite of last pleopoda in shape and size.

Allotype: Male. 1.7 mm long, 0.6 mm wide across second thoracic segment. Dorsal surface of body scattered by irregular patches of black pigment.

Cephalon distinct from first thoracic segment, three quarters as wide as widest segment, two thirds as long as its own width, well round in front and V-shaped behind. Eyes large, placed at postero-lateral angles of cephalon. Seven thoracic segment subequal in length and width except first, which is much shorter than others on middorsal line; last two segments only slightly narrower than others. All segments contiguous and with truncate margin. Abdomen represented by a single triangular, flattened segment. It is longer than wide, occupying about a third of entire length and is widest at anterior end. Two sides, showing a slight concavity, converge backward and meet together at a round caudal end, where the abdomen bears an insensible remnant of anal tube. Ventral surface somewhat depressed.

Second antennae extend much beyond cephalic margin. No medio-ventral tubercles. Pleopoda and uropoda wanting.

Remarks: As discussed in the foregoing section, the present sexes, which are identical with those of NIERSTRASZ and BRENDER À BRANDIS' *lowisi*, do not deserve this name. I propose a new name, *nierstraszi*, for them, choosing my female specimen for the holotype.

Genus *Stegoalpheon* CHOPRA, 1923

Stegoalpheon kempi CHOPRA

CHOPRA 1923, Rec. Ind. Mus., **25**: 464–467, Pl. 13, Figs. 1–7, Text-fig. 8; SHIINO 1951, Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie, **1**: 26–29, Figs. 1–2.

Material: On female and one male.

Host: *Crangon rapax* (DE HAAN). In the branchial cavity.

Locality: Osaka Bay.

Genus *Bopyrella* BONNIER, 1900

Bopyrella pacifica SHIINO

SHIINO 1933. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., ser. B, **8**: 280–283, Fig. 12.

Material: One female and one male.

Host: *Betaeus* sp. In the branchial cavity.

Locality: Tanabe Bay, Wakayama Pref.

Genus *Bopyrus* LATREILLE, 1802

Bopyrus squillarum LATREILLE

LATREILLE 1802, Hist. Nat. Gen. et Part. des Crustacés et des Inséctes, Paris, an. XII, **7**: 216; 1806, Hist. Nat. Crust., **7**: 55, Pl. 59, Fig. 2; BATE and WESTWOOD 1868, British Sessile-eyed Crustacea, **2**: 218; SARS 1899, An Account of the Crustacea of Norway, **2**: 197–198, Pl. 84, Fig. 1; CHOPRA 1923, Rec. Ind. Mus., **25**: 512–520; SHIINO 1933, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 283–285, Fig. 13.

Synonym: *Monoculus crangorum*, FABRICIUS 1798, Suppl. Entomol. System. Hafniae: 306.
Bopyrus fougerouxii, BONNIER 1900, Trav. St. Zool. Wimereux, **8**: 358–362, Pls. 35–37.
B. helleri, BONNIER 1900, loc. cit. 362–363, Pl. 37.
B. rathkei, BONNIER 1900, loc. cit. 363.
B. xiphias, BONNIER 1900, loc. cit. 363–364, Pl. 37.
Refer to BONNIER 1900 and to CHOPRA 1923 for further bibliography.

Material: Two females, each with a male.

Host: *Leander serrifer* STIMPSON. In the branchial cavity.

Locality: A couple, at Mukaijima, near Onomichi, Inland Sea, June 1938; another couple, at Misaki, Sagami Bay, 1951.

Genus *Bopyrina* KOSSMANN, 1881

Bopyrina giardi BONNIER

Bonnier 1900, Trav. St. Zool. Wimereux, **8**: 365–368, Pls. 38–40; CHOPRA 1923, Rec. Ind. Mus., **25**: 532–534, Fig. 31; SHIINO 1934, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B **9**: 270–272, Fig. 6.
Refer to SHIINO 1934 for further bibliography.

Material: Twelve females and five males.

Host: *Spirontocaris geniculata* (STIMPSON). In the branchial cavity.

Locality: Three females and two males, at Miwazaki, Wakayama Pref., November 31, 1941; one female without male, at Enoshima, Kanagawa Pref., April 6, 1946; eight females and three males, at Sugashima, Mie Pref., July 30, 1950.

Genus *Bopyrinella* NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS, 1925

Bopyrinella antilensis var. *nipponica* SHIINO

SHIINO 1936, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **11**: 159–161, Fig. 2.

Material: A female with a male.

Host: *Spirontocaris rectirostris* STIMPSON.

Locality: Seto, Wakayama Pref., 1939.

Bopyrinella albida sp. nov.

(Fig. 17)

Material: A female without male.

Host: *Athanas kominatoensis* KUBO. In the branchial cavity.

Locality: Kominato, Chiba Pref., east coast of Tokyo Bay, October 2, 1950, taken by I KUBO.

Holotype: Female. Body flattened, elongate pyriform. Cephalon displaced to the right owing to stronger expansion of anterior segments on the left. Length (from left posterior lobe of first thoracic segment to caudal end) 4.0 mm and width 1.9 mm. Dorsal surface somewhat twisted, ridged in the middle along longitudinal axis, but depressed along submarginal areas and lateral parts of anterior segments curled dorsally on the right. Color whitish, without pigment and eye.

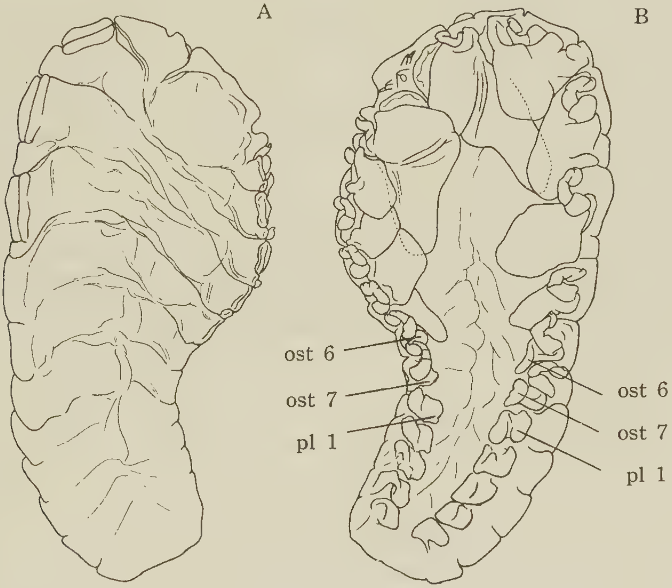


Fig. 17. *Bopyrinella albida* sp. nov., female. A, dorsal view; B, ventral view. ×19. ost 6–ost 7, supernumerary oostegites of sixth and seventh thoracic segments; pl 1, first pleopoda.

Cephalon narrower than half the width of body, swollen dorsally, bilobed in front and completely coalesced behind with first thoracic segment. Frontal lamina moderately broad, almost truncate on margin, angular at either lateral end and deeply notched just internally to right lateral angle. All thoracic segments separated only in lateral regions, but fused in the middorsal region; boundary between every two successive segments indicated merely by irregular transverse rugae of external cuticle. First four segments bilobed on margin. Posterior lobes exceeding anterior lobes in length in first segment on the left, shorter in the following two on this side and rudimentary in fourth as well as in all on the right. Narrow coxal plates present in second to fourth segments on the left, absent in first on this side and very rudimentary in all four on the

right. Ovarian bosses very narrow, as wide and as long as coxal plates. They are distinct in second to fourth segments on the left, but only in first on the right. Last three segments entire and truncate on margin, lacking in both coxal plates and ovarian bosses. Segmentation entirely absent or ventral surface. All abdominal segments united into one. Lines of articulation entirely missing on both surfaces except for a series of marginal incisions on either side. Abdomen a third as long as body, about as long as wide, quadrangular in shape, though somewhat narrowing backward; caudal margin broad and truncate. Four lateral plates indicated on the left, but three on the right.

Maxillipeds without palp. Marsupium widely open. First pair of oostegites bear broad linguiform elongation on posterior lamella. Other pairs triangular. Sixth and seventh pairs of pereiopoda bear at their bases small rudiments of supernumerary pairs of oostegites. Pleopoda in five pairs, uniramous and represented by small irregular-shaped laminae, wrinkled on their surface. Uropoda absent. Male unkown.

Remarks: The present species may be distinguished from *antilensis* Nz. et B. À B. and its variety *nipponica* SHIINO by the complete absence of pigmentation besides other characters. It is also different from *B.* (?) *stricticauda* MONOD in the coalescence of the cephalon with the first thoracic segment.

Genus *Portunicepon* GIARD et BONNIER, 1887

Portunicepon goeticii SHIINO

(Fig. 18)

SHIINO 1934, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **9**: 274–277, Fig. 8.

Material: Eight females and five males.

Host: *Goetice depressus* (DE HAAN). In the branchial cavity.

Locality: Four females and four males, at Sugashima, Mie Pref., April 1948, March 14, 1949, March 31, 1957; one female and one male, at Matoya, Mie Pref.; two females without male, from unknown locality.

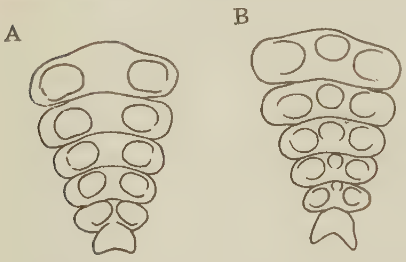


Fig. 18. *Portunicepon goeticii* SHIINO, male, ventral view of abdomen. A, Matoya specimen; B, Sugashima specimen. A ×47; B ×52.

Male: There are certain variations in the constitution of the abdomen of male. In the male from Matoya, the last segment, instead of being deeply bifurcate as in the allotype, is nearly triangular in shape, showing a very slight excavation on caudal margin. Another male from Sugashima has the same segment forked somewhat more deeply, though not to such an extent

as in the allotype, and carries mid-ventral tubercles on the first five abdominal segments, from which they are absent in the allotype. Other males as in allotype.

Portunicepon tiariniae SHIINO
(Fig. 19)

SHIINO 1937, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **12**: 486–489, Figs. 6–8.

Material: One adult and one juvenile females and no male.

Host: *Menaethius monoceros* LATREILLE (new host). In the branchial cavity.

Locality: At Seto, Wakayama Pref. Adult female, May 1934; juvenile female, August 19, 1941.

As may be seen from the Fig. 19 inserted here, the female found on the new host does not show any appreciable difference from the holotype which was obtained from *Tiarinia cornigera* MILNE-EDWARDS.

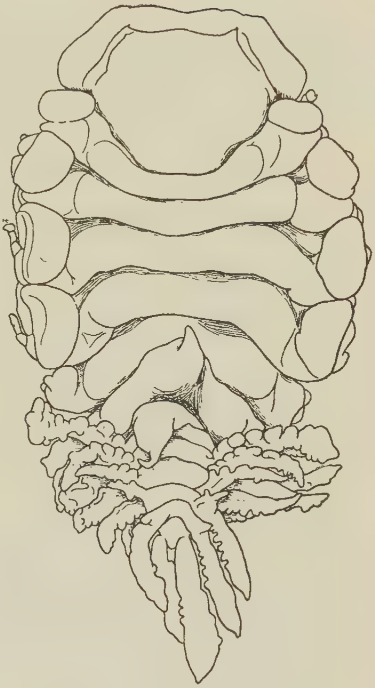


Fig. 19. *Portunicepon tiariniae* SHIINO, found on *Menaethius monoceros* LATREILLE, female, dorsal view. ×19.

Genus *Megacepon* GEORGE, 1946
Megacepon choprai GEORGE
(Figs. 20 & 21)

GEORGE 1946, Rec. Ind. Mus., **44**: 385–390.

Material: Three females and no male.

Host: *Sesarma* (*Holometopus*) *dehaani* MILNE-EDWARDS. In the branchial cavity.

Locality: The River Asahi, Okayama, June 8 and July 21, 1952, by K. MATSUMOTO.

Female: Body nearly symmetrical, only slightly longer on one side than on the other and widest about the middle of entire length, narrowing toward both ends; 10.7 mm long including uropoda, 7.0 mm excluding these and 4.5 mm wide at fourth thoracic segment. Dorsal surface slightly concave, but elevated along midline, ventral surface convex. All segments distinct. No pigment, no eye. Color unknown, since the specimens have been fixed by Bouin's solution.

Cephalon not deeply sunk in thorax, half as wide as body, circular in outline and swollen dorsally, but showing irregular grooves caused by the action of fixative.

Frontal lamina prominent, but narrower than width of cephalon. Thoracic segments separated from one another by deep intersegmental furrows on dorsal surface and by deep incisions on either side. Lateral parts of segments bordered

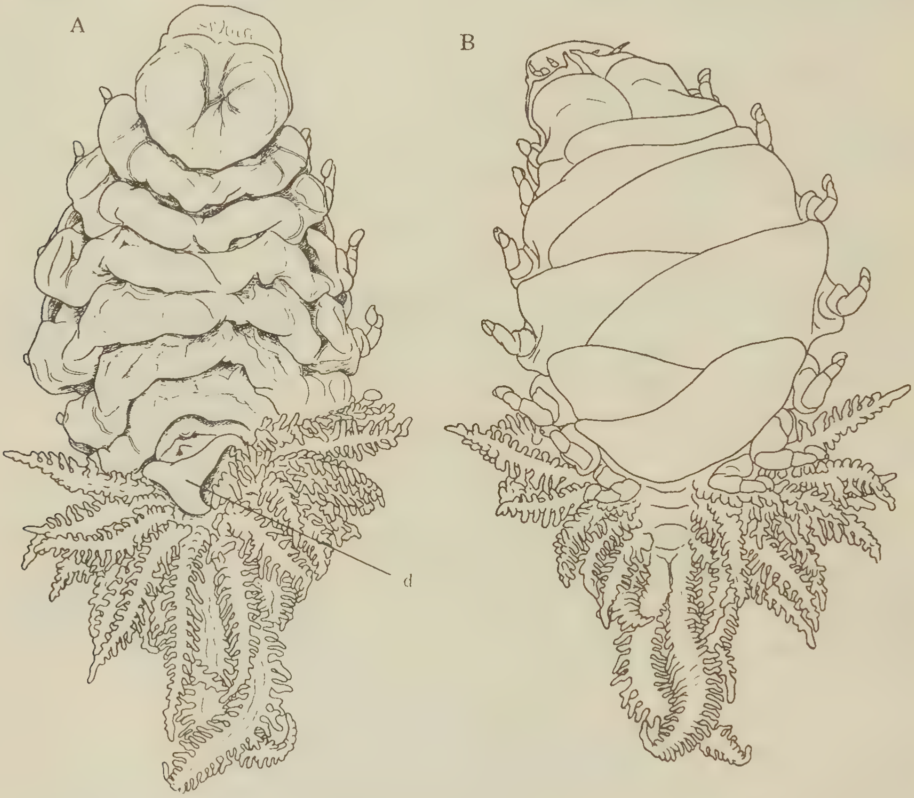


Fig. 20. *Megacepon choprai* GEORGE, female. A, dorsal view; B, ventral view. ×10. d, medio-dorsal process.

from central area by longitudinal grooves, but not bilobed in any of them. Surface of each segment more or less rugose. Surface of seventh segment is divided into two parts by a deep transverse furrow and is produced in its posterior half into a huge triangular medio-dorsal process, which is curved backward like a hook. A very tiny pointed process arises also from the posterior half on the midline just in front of the huge one and is associated with another similar one locating on the anterior half. Sixth segment is more or less raised on midline, but not produced into a hook. Coxal plates undifferentiated. Ovarian bosses distinct in second to fourth segments. Abdomen small in size, but carrying elongate, fimbriate, freely projecting lateral plates in first five segments. Last segment small and without lateral plates.

Maxillipeds have a large triangular palp, finely ciliated on inner margin; they bear two small accessory lobes outside their basal lamellae. Posterior lamina

of cephalon with two simple lateral hooks; one shorter, close to the base of maxilliped and the other longer and placed inside the former. Marsupium vaulted and completely closed by overlapping oostegites. First oostegites composed of

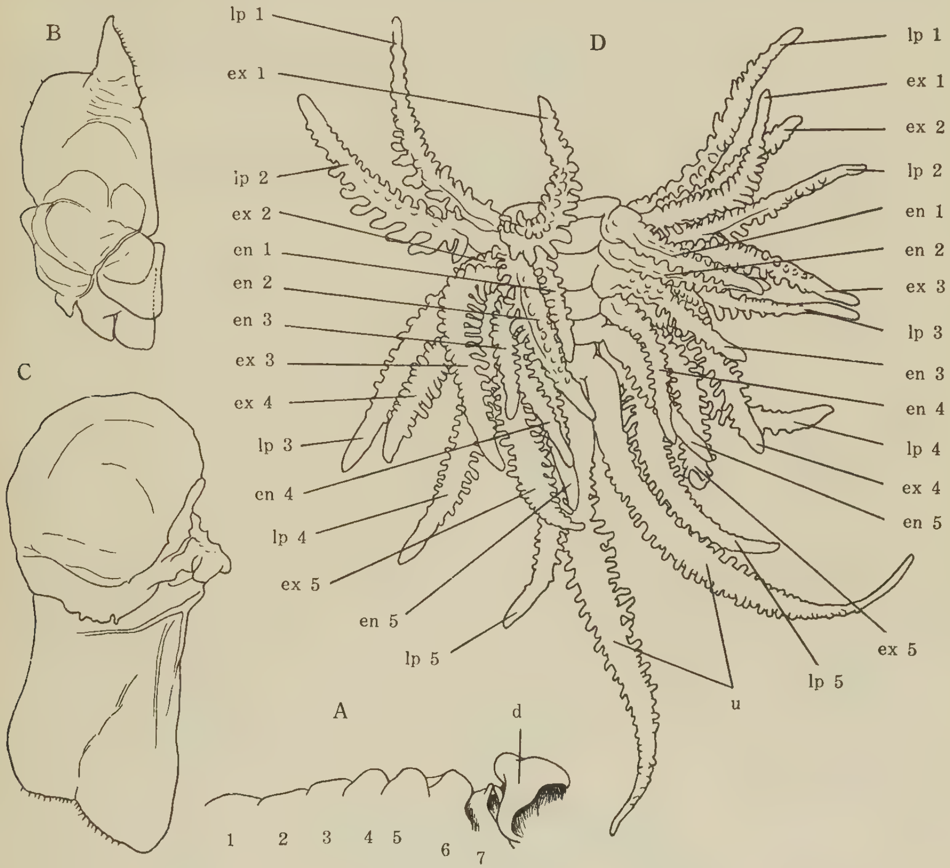


Fig. 21. *Megacepon choprai* GEORGE, female. A, lateral view of ventral surface of thorax; B, maxilliped; C, first oostegite, inner face; D, ventral view of abdomen. A ×10; B–D ×19. 1–7, first to seventh thoracic segments; d, medio-dorsal process; en 1–en 5, endopodites of first to fifth pleopoda; ex 1–ex 5, exopodites of first to fifth pleopoda, lp 1–lp 5, lateral plates of first to fifth abdominal segments; u, uropoda.

round anterior and quadrangular posterior lamellae; the latter produced a little backward at outer angle; inner crest with a few tubercles. Pleopoda in five pairs, biramous. Both rami as well as lateral plates all similar in appearance. They are elongate, filiform and fimbriate along two opposite margins extending their entire length. In all segments, lateral plates are longest, endopodite shortest and exopodite intermediate between them. Uropoda uniramous, very long and exceeding twice the length of last pleopoda, to which they resemble in appearance.

Male unknown.

Remarks: The present specimens are in accord with GEORGE's holotype

except in one point that the cephalon is not deeply immersed into the thorax. His female was not accompanied with the male, which is unfortunately unrepresented in my collection also.

Genus *Apocepon* NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS, 1930

Apocepon pulcher NIERSTRASZ et BRENDER À BRANDIS

(Pl. III, Fig. 9)

NIERSTRASZ and BRENDER À BRANDIS 1930, Proc. U. S. Nat. Mus., **77**, art. 9: 7–9, Fig. 7; SHIINO 1934, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **9**: 273, Fig. 7.

Material: Two females and two males.

Host: *Philyra pisum* DE HAAN. In the branchial cavity.

Locality: At Tomioka, Amakusa Island, 1957, by T. HABE.

Genus *Pseudostegias* SHIINO, 1933

Pseudostegias setoensis SHIINO

SHIINO 1933, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 290–293, Fig. 16.

Material: Four females and three males.

Hosts: *Clibanarius bimaculatus* DE HAAN and *C. striolatus* DANA (new host). On the dorsal surface of abdomen.

Localities: Three females and three males, on *bimaculatus*, at Seto, Wakayama Pref.; one female without male, on *striolatus*, from unknown locality in Formosa, by I. Maki.

Remarks: The female from Formosa is in accord with the holotype in its structure, but larger in body size, measuring 16.5 mm in length (including uropoda) and 6.9 mm in width.

Genus *Athelges* HESSE, 1861

Athelges takanoshimensis ISHII

(Pl. III, Fig. 10)

ISHII 1914, Annot. Zool. Japon., **8**: 519–530; SHIINO 1934, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **9**: 277–278, Fig. 9.

Material: Twelve females, one juvenile female and twelve males.

Hosts: *Eupagurus samuelis* STIMPSON and *E. japonicus* STIMPSON. On dorsal surface of abdomen.

Localities: On *samuelis*, one female and one male, at Kasaoka, Okayama Pref., Inland Sea, May 1938; one adult female with one male and one immature female without male, at Kominato, Chiba Pref., Tokyo Bay, June 26, 1952; three females and three males, from unknown locality. On *japonicus*, one female with one male, at Kominato, April 22, 1946.

Remarks: The host from Kominato bearing a juvenile female is parasitized on its abdomen by an individual of *Peltogaster paguri* RATHKE at the same time.

Athelges japonicus sp. nov.

(Fig. 22)

Material: Ten females and ten males.

Hosts: *Eupagurus constans* Stimpson, *Pagurus lanuginosus* da Hann and *Pagurus middendorffi* Brandt. On upper surface of abdomen.

Localities: On an undetermined species of hermit crab, one female and one male, at Akkeshi, near Kushiro, Pacific coast of Hokkaido, by A. Ichikawa; on *E. constans*, Tokyo Bay, by I. Kubo, September 1954; on *P. lanuginosus*, four females and four male, at Oshoro, near Otaru, west coast of Hokkaido, Japan Sea, by R. Yanagimachi, July 1957; on *P. middendorffii*, at Oshoro, by Yanagimachi, September 6–7, 1957.

The female from Akkeshi has been selected as holotype and its accompanying male as allotype, others being made paratypes.

Holotype: Female. Color white, no pigment patches and no eye. Body somewhat asymmetrical, curved dorsally, with abomen turned upward, 19.0 mm long when abdomen is extended, 9.0 mm wide in widest region of thorax. Dorsal surface concave, while ventral strongly convex.

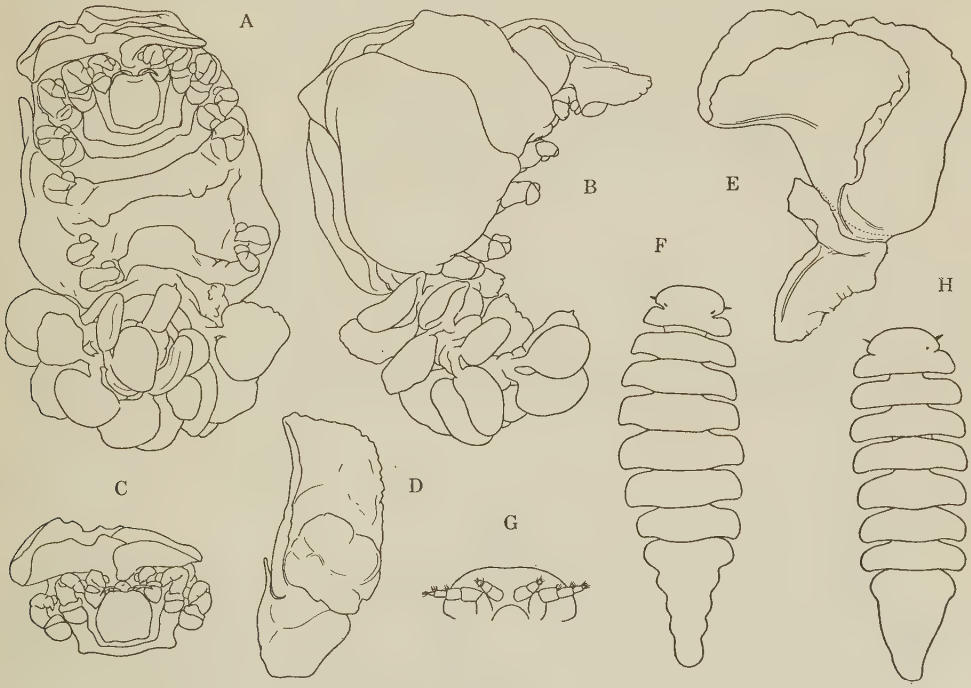


Fig. 22. *Athelges japonicus* sp. nov. A–E, holotype, female; A, dorsal view; B, lateral view; C, anterior end of body, ventral view; D, maxilliped; E, first oostegite; F, allotype, male, dorsal view; G, same, ventral view of cephalon; H, male from Tokyo Bay. A–C ×39; D–F ×10; G ×20; H ×14.

Cephalon deeply sunk in first thoracic segment, but distinct from it. It is about as long as wide, roughly quadrangular, though lateral margins somewhat converge from the middle forward; anterior and posterior borders truncate. First five segments short in middorsal region and increasing in length from before backward; sixth and seventh much longer and subequal to each other. First segment distinct in its entire width and curved forward angularly on either side, thus surrounding cephalon from behind and from both sides. Following two segments produced back in a pair of inconspicuous round lobes at the angles, where they continue to anteriorly directed lateral parts. Fourth segment transverse, fifth with a pair of round lobes internally to either side and sixth arched forward in middle region. Seventh segment much narrowed to continue to cylindrical abdomen. Small crescentic ovarian bosses and narrow, very rudimentary coxal plates present in first four segments. Other segments without both of these structures. Abdomen cylindrical, abruptly narrower than thorax and gradually tapering toward terminal end. Five segments discriminated from one another by shallow constrictions encircling abdomen. Last segment long, claviform, about as long as preceding two segments combined together and indistinctly subdivided by shallow transverse furrow; posterior subsegment longer than anterior one and ending in a round apex which bears a tiny papilliform anal tube.

Two pairs of antennae exposed dorsally. Anterior lamella of maxillipeds elongate and without palp; posterior lamella produced into filiform process at antero-internal angle. Marsupium vaulted and completely closed by overlapping oostegites. Anterior lamella of first oostegites strongly expanded, folded into two and freely projecting beyond anterior side of cephalon; posterior lamella short and narrow. First five pairs of pereiopoda crowded together and separated from the rest by a long distance. Pleopoda biramous and present in first four segments. Each of them arises from the side of segment by a narrow short peduncle and is forked into two similar, somewhat longer branches, apices of which are expanded into broad oval, flattened lamellae. Terminal lamellae of first pair larger than those of others, which are subequal.

Allotype: Male. Attached to female on the dorsal side of abdomen at its anterior end. White in color, without pigment except that of eye; 8.4 mm long, 1.6 mm wide at fifth thoracic segment.

Cephalon fused posteriorly with first thoracic segment, but demarked by deep lateral notches. It is wider than half of widest segment and gracefully round in front. Eyes just in front of lateral notches. Thoracic segments discontiguous, widest in fourth and fifth and slightly but successively narrowing both forward and backward. Margin of all segments truncate. All abdominal segments united into a triangular segment. Abdomen one third the body length, three quarters as wide as long; two sides converging backward and undulated to

show the delimitation of fused segments. Caudal end round.

Medio-ventral tubercles, pleopoda and uropoda all absent.

Paratypes: The female from *E. constans* has the fifth abdominal segment subdivided as in holotype, but the terminal subsegment is smaller in diameter and has narrowly pointed apex. The male associated with this female has the abdomen entire on the sides without showing any undulation. In all other males of the present collection, the sides of abdomen are similarly entire.

Remarks: The new species may by discriminated from all other known species of *Athelges* by the coalescence of the cephalon with the first thoracic segment in the male.

Genus *Eophrixus* CAROLI, 1929

Eophrixus shojii SHIINO

SHIINO 1941, Annot. Zool. Japon., **20**: 155–156, Figs. 1–2.

Material: One female and one male.

Host: *Crangon rapax* (DE HAAN). On the under surface of abdomen.

Locality: Momotori, Mie Pref., Ise Bay, September 1950.

Genus *Diplophryxus* RICHARDSON, 1904

Diplophryxus jordani RICHARDSON

RICHARDSON 1904, Proc. U.S. Nat. Mus., **27**: 50–51; CHOPRA 1923, Rec. Ind. Mus., **25**: 443–444; 1930, Ibid., **32**: 113–147; SHIINO 1933, Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., B, **8**: 293–296, Fig. 17.

Material: Four females, each with a male.

Hosts: *Leander serrifer* STIMPSON and *L. pacificus* STIMPSON.

Localities: On *serrifer*, one female and one male, at Misaki, Sagami Bay, 1951; one female and one male, at Wakura, Noto Peninsula, Japan Sea, November, 1953, by I. KUBO. On *pacificus*, two females and two males at Seto, Wakayama Pref., July 11, 1956.

Literature

BABIČ, K., 1912. Über einen *Athelges* von Pelagosa (*A. pelagosae*). Zool. Anz., **40**: 176–178.

BONNIER, J., 1900. Contribution à l'étude des Epicarides: Les Bopyridae. Trav. St. Zool. Wimereux, **8**: 1–475, Pls. 1–41.

CAROLI, E., 1947. Identita di *Gyge arcassonensis* CARAYON con *Pseudione euxinica* POPOV. Pubbl. St. Zool. Napoli, **21**: 148–152.

CHOPRA, B., 1923. Bopyrid Isopods parasitic on Indian Decapoda Macrura. Rec. Ind. Mus., **25**: 411–550, Pls. 11–21.

———, 1930. Further Notes on Bopyrid Isopods parasitic on Indian Decapoda Macrura.

Ibid., **32**: 113–147, Pls. 4–6.

GEORGE, P. C., 1946. *Megacepon choprai*, gen. et sp. nov., a Bopyrid Isopod from the Gill Chamber of *Sesarma tetragonum* (Fabr.). Ibid., **44**: 385–390.

GIARD, A. and J. BONNIER, 1887. Contribution à l'Etudes des Bopyriens. Trav. Inst. Zool. Lille et Lab. Zool. Mar. Wimereux, **5**: 1–272, Pls. 1–10.

HAY, W. P., 1917. A New Genus and Three New Species of Parasitic Isopod Crustaceans. Proc. U. S. Nat. Mus., **51**: 569–574.

ISHII, S., 1914. On a New Epicaridean Isopod (*Athelges takanoshimensis* sp. nov.) from *Eupagurus samuelis* STIMP. Annot. Zool. Japon., **8**: 519–530.

KOSSMANN, R., 1881. Studien über Bopyriden. I. *Gigantione moebii* und Allgemeines über die Mundwerkzeuge der Bopyriden. II. *Bopyrina virbii*, Beiträge zur Kenntnis der Anatomie und Metamorphose der Bopyriden. Z. Wiss. Zool., **35**: 652–680.

MONOD, Th., 1933. Tanaidacea et Isopoda. Mem. de l'Inst. d'Egypte, **21**: 161–264.

MOTAS, C. and A. BALEANU, 1936. Notes sur *Bopyrina giardi* BONNIER, Epicaride parasite d'*Hippolyte varians* Leach, suivies de quelques Observations sur son Hoté. Ann. Sci. Univ. Jassy, sec. part., **23**: 165–172.

VAN NAME, W. G., 1920. Isopods collected by the American Congo Expedition. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., **43**: 41–108.

NIERSTRASZ, H. F. and G. A. BRENDER Á BRANDIS, 1923. Die Isopoden der Siboga-Expedi tion II. Isopoda Genuina, Epicaridea. Siboda-Expéd., **95**, Monogr. 32b: 57–121, Pls. 4–9.

———, 1925. Epicaridea. Bijdrage tot de Kennis der Fauna van Curaçao. Bijdr. Dierk. Amsterdamm, **24**: 1–8, Pl. 1.

———, 1926 Isopoda, Epicaridea. Die Tierwelt der Nord- u. Ostsee, Lf. **4**, T. Xe: 1–56.

———, 1929. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition 1914–16, Epicaridea I. Vidensk. Medd. fra Dansk. Naturh. Foren., **87**: 1–44.

———, 1930. Isopoda Epicaridea. Résultats scientifiques du Voyage aux Indes Orientales Neérlandaises de LL. AA. RR. le Prince at Princesse Léopolde de Belgique. Mem. Mus. Roy. d'Hist. Nat. Belg., hors ser. 3, fasc. **1**: 12–17.

———, 1931. Papers from Dr. Th. Mortensen's Pacific Expedition 1914–16, Epicaridea II. Vidensk. Medd. fra Dansk. Naturh. Foren., **91**: 147–225.

NOBILI, G., 1906. Nuovi Bopiridi. Atti. R. Accad. Sci. Torino, **41**: 1098–1113.

———, 1906. Diagnoses préliminaire, Décapodes et Isopodes nouveaux recueilles par M-le Dr. G. Suerat etc. Bull. Mus. d'Hist. Nat. Paris, **12**, 256–270.

PIKE, R. B., 1953. The Bopyrid Parasites of the Anomura from British and Irish Waters. J. Linn. Soc. Zool., **42**: 219–237, Pls. 44–48.

POPOV, W., 1929. Rhizocephala and Bopyridae of the Bay of Sevastopol. Trav. St. Biol. Soc. Sevastopol, **1**: 1–14.

RICHARDSON, H., 1904. Contributions to the Natural History of the Isopods. Proc. U. S. Nat. Mus., **37**: 1–89.

———, 1904. Contributions to the Natural History of the Isopoda. Second part. Ibid., **37**: 657–681.

———, 1905. Monograph on the Isopods of North America. Bull. U.S. Nat. Mus., **54**: 1–727.

———, 1910. Marine Isopods collected in the Philippine by the Fish. Steamer Albatross in 1907–08. Rep. Comm. Lab., Bur. Fish., Doc. No. **736**: 1–44.

SARS, G. O., 1899. An Account of the Crustacea of Norway, II. Isopoda: 193–220, Pls. 1–100. Suppl. Pl. 1–4.

SHIINO, S. M., 1933. Bopyrids from Tanabe Bay. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., ser. B, **8**: 249–300.

———, 1934. Bopyrids from Tanabe Bay II. Ibid., **9**: 257–287.

———, 1936. Bopyrids from Tanabe Bay III. Ibid., **11**: 157–174.

SHIINO, S. M., 1936. Bopyrids from Shimoda and other Districts. Rec. Oceanogr. Works in Japan, **8**: 161–176.

———, 1936. Bopyrids from Misaki. Ibid., **8**: 177–190.

———, 1937. Bopyrids from Tanabe Bay IV. Mem. Coll. Sci., Kyoto Imp. Univ., ser. B, **12**: 479–493.

———, 1937. Some Additions to the Bopyrid Fauna of Japan. Annot. Zool. Japon., **16**: 293–300.

———, 1939. Bopyrids from Tanabe Bay V. Ibid., **18**: 11–16.

———, 1939. Bopyrids from Kyûsyû and Ryûkyû. Rec. Oceanogr. Works in Japan, **10**: 79–99.

———, 1939. A Bopyrid from Palao. Palao Trop. Biol. St. Studies, No. **4**: 597–601.

———, 1941. Further Notes on Bopyrids from Kyûsyû and Ryûkyû. Annot. Zool. Japon., **20**: 154–158.

———, 1942. Bopyrids from the South Sea Islands with Description of a Hyperparasitic Cryptoniscid. Palao Trop. Biol. St. Studies, **2**, No. 3: 437–458.

———, 1949. On Two New Species of the Bopyrid Genus, *Bopyrella*, found in Japan. Bull. Biogeogr. Soc. Japan, **14**: 45–50.

———, 1949. On Two New Bopyrid Parasites belonging to the Genus *Orbione*. Ibid., **14**: 51–55.

———, 1949. On Two New Genera of Bopyridae found in Japan. Ibid., **14**: 57–63.

———, 1950. Note on Some Bopyrids from Japan. J. Mie Med. Coll., **1**: 151–167.

———, 1951. Some Bopyrid Parasites found on the Decapod Crustaceans from the Waters along Mie Prefecture. Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie, **1**: 26–40.

———, 1952. Phylogeny of the Family Bopyridae (in Japanese with English résumé). Ann. Rep. Pref. Univ. Mie, Nat. Sci., **1**: 33–56.

STEBBING, T. R. R., 1910. Isopods from the Indian Ocean and British East Africa, in Percy Sladen Trust Expedition to the Indian Ocean in 1905. Trans. Linn. Soc., ser. 2, Zool., **14**, Pt. I: 83–118.

Explanation of Plate III

Fig. 1. *Callianassa japonica* ORTMANN infected by *Pseudione longicauda* SHIINO. ×1.4

Fig. 2. *Munida japonica heteracantha* STIMPSON infected by *Pseudione lenticeps* sp. nov. ×2.5

Fig. 3. *Diogenes edwardsii* (DE HAAN) infected by *Pseudionella pyriforma* sp. nov. and carrying a commensal actinian on the left chela. ×4

Fig. 4. *Munida japonica japonica* STIMPSON infected by *Parioninella obovata* sp. nov. ×2

Fig. 5. *Upogebia issaeffi* BALSS infected by *Procepon insolitum* SHIINO. ×0.8

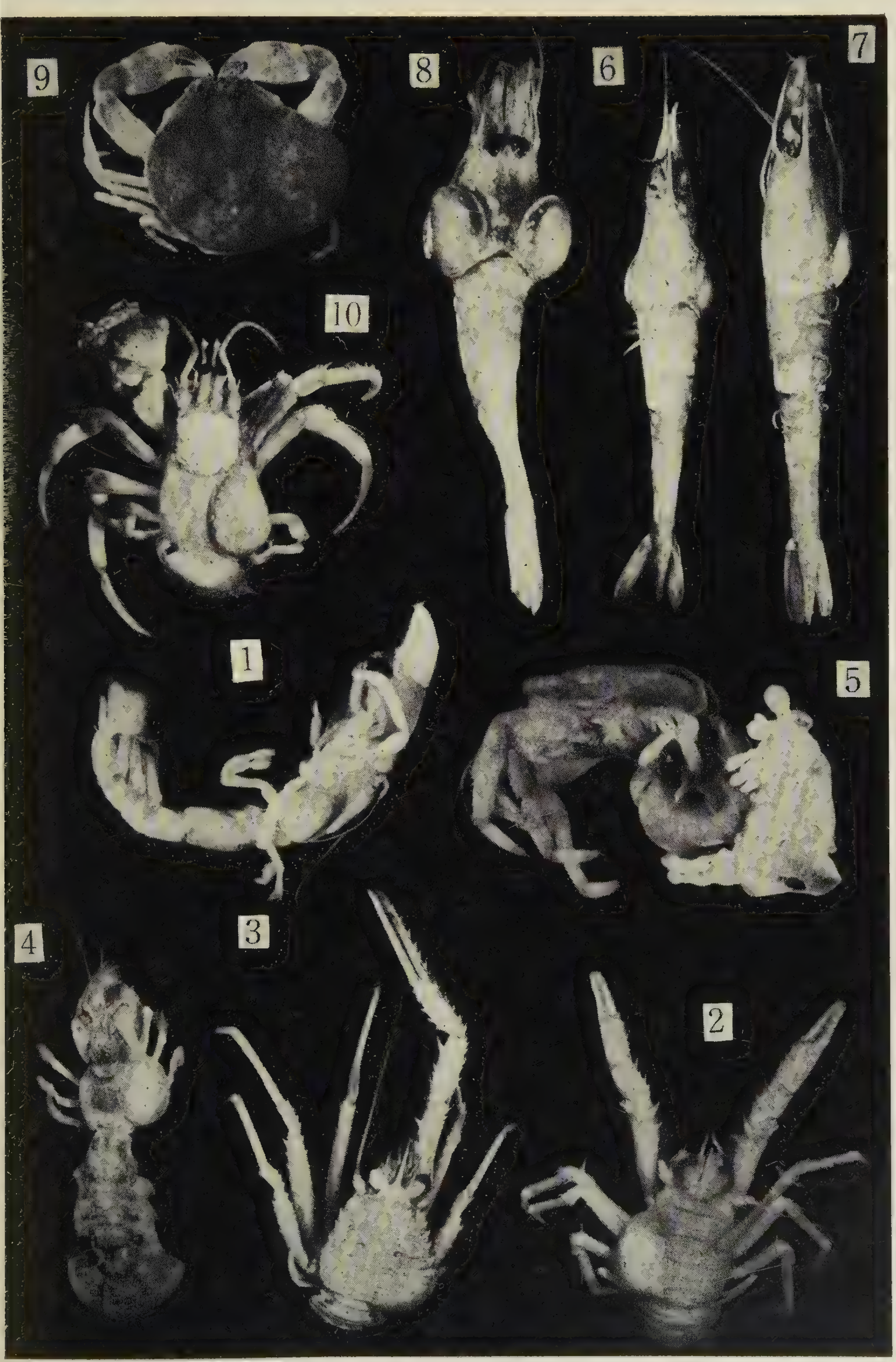
Fig. 6. *Metapenaeopsis acclivis* (RATHBUN) infected by *Parapenaeon consolidata richardsonae* SHIINO in the branchial cavities of both sides. ×1

Fig. 7. *Metapenaeopsis acclivis* (RATHBUN) infected by *Apopenaeon japonicum hiraiwai* SHIINO. ×1

Fig. 8. *Crago affinis* (DA HAAN) infected by *Argeia pugettensis* DANA in the branchial cavities of both sides. ×1.8

Fig. 9. *Philyra pisum* DE HAAN infected by *Apocepon pulcher* NZ. et B. À B. ×2.

Fig. 10. *Eupagurus samuelis* STIMPSON and its parasite, *Athelges takanoshimensis* ISHII. ×5.


9
8
6
7
10
1
5
4
3
2

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

Copepods Parasitic on Japanese Fishes

17. Lernaeidae

(With 13 Text-figures and Plates IV & V)

SUEO M. SHIINO
Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie

Of the lernaeids occurring in our waters, *Peniculus*, *Peniculisa* and *Phrixocephalus* have already been treated in two of the earlier papers of this series. The present article includes the full description of seven marine species belonging to other genera of the family. They are distributed to four genera, two of which are new, and five of them represent new species. Larger part of the material was obtained in the deep off Owase, Mie Prefecture, a few coming from other localities. During the course of the study from time to time, several specimens of a lernaeid taken from Sagami Bay have sent to me for identification from the Biological Laboratory of His Imperial Majesty and this form is dealt with here also. All the specimens except those of this form are preserved in the Prefectural University of Mie.

I am thankful to Dr. K. HATTORI of the above named Laboratory who was very generous to give me the liberty of dissecting the material belonging to the Laboratory. I received from Prof. K. TAKEWAKI of the Tokyo University and Dr. F. UCHINOMI of the Seto Marine Biological Laboratory some interesting specimens, for which I am very appreciative. For his fine aid rendered over a long period in securing many specimens for me, I am also grateful to Mr. K. Suzuki, the Lecturer in our Faculty.

Genus *Cardiodectes* WILSON, 1917

Cardiodectes medusaeus (WILSON), 1908

(Figs. 1 & 2, Pl. IV, Figs. 1 & 2)

Lernaeenicus medusaeus, WILSON 1908, p. 458, Pl. 76, Figs. 99–100; BRIAN 1912, p. 27, Pl. 10, Figs. 1–5.

Cardiodectes medusaeus, WILSON 1917, p. 52, Pl. 3, Figs. 15–23; KIRTISINGHE 1950, p. 48, Figs. 36–39.

Material: No. 271, 1 female, on *Diaphus glandulifer* Gilbert, off Owase, by K. Suzuki, May 14, 1952; No. 366, 2 females, on a single individual of the same

* This is a part of the results of studies enabled by the financial aid of grant from the Scientific Research Fund of the Ministry of Education, to which my sincere thanks are due.

host, at Misaki, by K. Takewaki, February 10, 1957.

Habitat: The female of No. 271 penetrates the host on the posterior wall of gill cavity close to its ventral angle. The point of penetration is covered from above by operculum. Outside the host, the neck of female is turned first dorsally and then backward, trailing the trunk alongside the host. Within the host body, the head of parasite closely surrounded by a cyst membrane lies on the midventral line, occupying the region between the buccal floor and peritoneum. Ventral surface of head is pressed against the anterior end of heart, though pericardial wall intervenes between them. Frontal processes lie just beneath the buccal floor. On leaving the conus arteriosus, ventral aorta passes into the cyst near the anterior end and after a short traverse it emerges from the cyst to continue to branchial arteries.

Two females of No. 366 insert their necks through separate holes into the host close to ventral margin in the region where the pectoral girdle is imbedded and their trunks run backward on either side of midventral line parallel with each other. The two holes closely adjoin each other. One is located a short distance toward the left from the median line and just outside the free margin of operculum. The other lies on the posterior wall of the right branchial chamber, being concealed beneath the operculum, and thus situates on a higher level than the former, but somewhat further back. The right female is shorter in its length and its neck is strongly curved from above downward before penetrating the host skin. The neck of the left female is not so much curved as in the right one. On entering the host, the neck of the right female is twisted and turned back, while that of the left female runs straight forward; they interpose between each other a part of pectoral girdle. Their heads, however, are appressed together in the narrow space between the buccal floor and heart, being separated from each other merely by a thin membrane of host cyst. They are disposed antero-posteriorly, the head of left female coming in front of the other. The left head takes its position in the posterior two thirds of the lower jaw and to the left side of the basihyale, where the musculature is abolished due to its intrusion. It lies just beneath the buccal floor and is brought into direct contact with the lining of the mouth cavity above and with the subcutaneous tissue of the post-opercular region on the outside. Its transverse axis is parallel with the basibranchials, to which its ventral surface is applied. The head of the right female is buried somewhat deeper in the host tissue. It applies its ventral surface to the anterior wall of heart from front and its dorsal side to the head of other female. Frontal processes of the two heads are in direct contact with each other, intersepting cyst membrane disappearing from the region of contact. On account of the narrowness of space in which it lies, the head of right female is somewhat distorted, showing an asymmetrical arrangement of head protuberances. These are disposed normally on the head of the other female. Anterior aorta joins with the cyst

wall of the left female. Inside the cyst, the blood corpuscles of host are accumulating around the head and frontal processes.

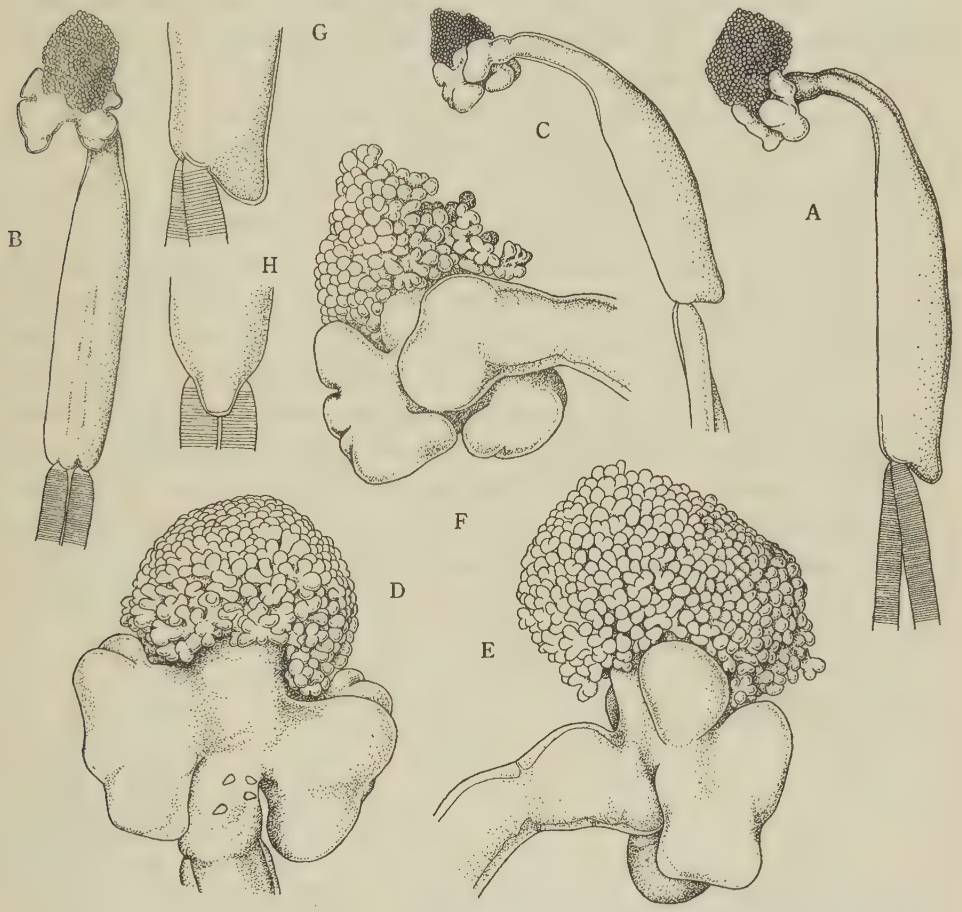


Fig. 1. *Cardiodectes medusaeus* (WILSON). A, larger female from specimen No. 366, lateral view; B, same, ventral view; C, smaller female from the same lot, lateral view; D, head of the female shown in A, ventral view; E, same, lateral view; F, head of the female shown in C, dorsal view; G, posterior end of body, from the female shown in A, lateral view; H, same, dorsal view. A–C ×5.9; D–F ×19; G, H ×10.

Left female from No. 366: Body is curved at a right angle in the region of neck, which, in turn, is perpendicular to cephalothorax. From frontal processes to caudal end 11.5 mm long, region exposed from host 9.65 mm long, cephalothorax including frontal processes and lateral lobes 2.41 mm × 2.55 mm, neck 3.20 mm × 0.62 mm, trunk 7.50 mm × 1.70 mm and egg tube 23 mm long. Color in alcohol pale yellowish, cephalothorax somewhat paler in tinge and neck darker; egg tube brownish.

Cephalothorax ovoidal, covered anteriorly with a hemispherical mass of frontal processes and expanded on the sides into 2 pairs of lateral lobes. Frontal

processes arise from anterior end of cephalothorax as a pair of very short, but broad bases closely adjoining together on either side of midline. Each base radiates numerous short branches which are divided again and again into numberless coralliform branchlets. Tumid, spheroidal tips of branchlets are crowded together on the surface of entire mass, giving it an appearance as if it were made by the aggregation of tiny tubercles. Lateral lobes are arranged antero-posteriorly on each side. Anterior one is a simple round bulge, situated somewhat more dorsally than posterior one, which is much larger, broader and lobate on margin and extends back beyond hind end of cephalothorax. Neck is cylindrical, about a third as broad as trunk, relatively short, but well curved and perpendicular to cephalothorax, from whose dorsal surface it arises. It is thicker in external cuticle than in other region and bears a slight constriction some distance behind the fore end. The region succeeding to this constriction lies outside the host body and gradually enlarges at hind end to continue to trunk. The latter (genital portion) is elongate, about two thirds as long as body, less than a quarter as wide as long, cylindrical, but narrowed in anterior region and produced at caudal end on dorsal level into a short blunt process representing abdomen. Abdomen is half as wide as trunk at the base, trapezoid in dorsal view, having truncate end, but it is triangular in lateral view, ending in blunt apex. Egg tubes attach to ventral surface of trunk close to its end and just in front of the base of abdomen.

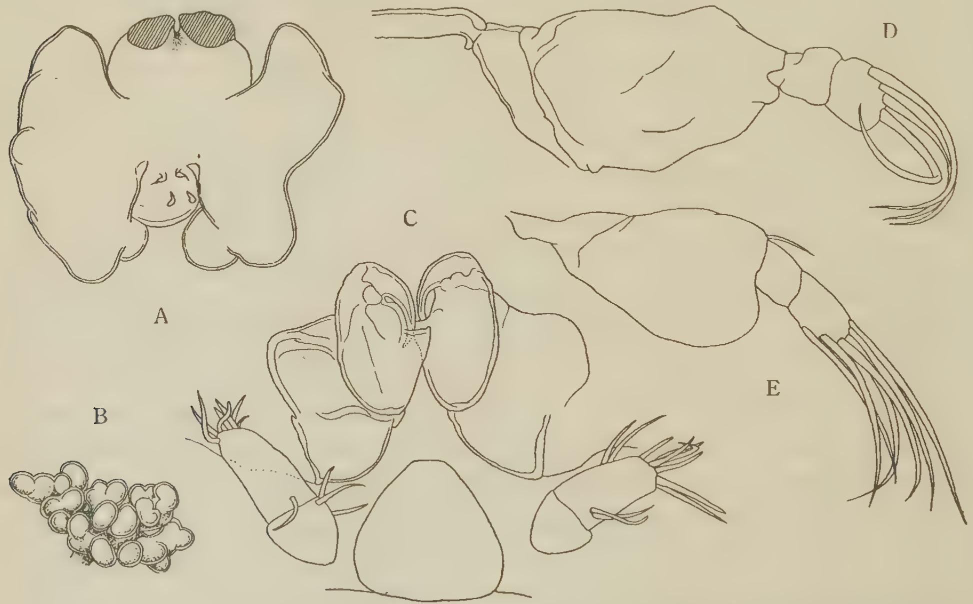


Fig. 2. *Cardiodectes medusaeus* (WILSON). A, head of female, with frontal processes removed, specimen No. 271, ventral view; B, a part of frontal processes; C, first and second antennae in situ; D, first swimming leg; E, second swimming leg. A ×19; B ×27; C ×340; D, E ×485.

Antennae, eye and mouth aperture covered by frontal processes from above. Antennae present on dorsal surface of carapace a short distance behind the bases of frontal processes. Eye slightly dorsal to those bases on midline. Mouth at anterior end of ventral surface and at the bottom of deep median furrow formed between those bases. Thus passing over topographical anterior end, morphological ventral surface extends to dorsal surface of carapace for some distance back. First pair of antennae locate topographically just behind 2nd pair and interpose between the members of both sides a triangular lamina. They are very tiny and 2-jointed; distal joint is longer than proximal joint and tipped by a tuft of hairs. Second antennae are cheliform, 3-jointed; basal joint is broad and 2nd joint is ovate, furnished on inner margin with a triangular process, against which curved, sharply pointed terminal joint closes. Eye surrounded with black pigment is buried under hypodermis. Mouth is a mere round pit, not forming a tube and not including any appreciable appendages within. First two pairs of thoracic legs are missing. Succeeding two pairs are recognized on ventral surface of neck close to its anterior end. They consist of broad flattened base and two-jointed single ramus, apical joint of which carries some feeble hairs. Legs of two sides are connected together by a narrow sternal bar of chitin in both pairs. No anal laminae.

Right female from No. 366. Body 9.2 mm long, egg tube 12.8 mm. Neck is twisted at its anterior end toward the right, so that ventral surface of cephalothorax is almost parallel with the axis of neck. Frontal processes not well developed on the right side where they are pressed against the corresponding structure of left female within the cyst. Posterior lobes of cephalothorax are produced inward on posterior margin so as to come almost in contact with each other on the median. Caudal process somewhat inconspicuous.

Remarks: Although the arrangement of lobes on the cephalothorax appears somewhat variable, all of my specimens are in agreement with American ones, especially in that the frontal processes consist of short coralliform branches. Wilson states the presence of four pairs of thoracic legs, but only two pairs of them are retained in the present specimens. This is probably due to the fact that they were torn off together with the host cyst at the time, when it was removed from the neck.

The original type was found by Wilson (1908) from *Nannobrachium leucopsarum* on the Pacific coast of North America. Another specimen was recorded by him from Misaki on the same host as that of my specimens. Brian's (1912) *medusaeus* was the parasite of *Myctophum affine.* Kirtisinghe (1950) recorded a *Cardiodectes* under the name of *medusaeus* from *Anchoviella hamiltoni* in Colombo. According to his figure, however, this parasite is very different from *medusaeus*, especially, in the constitution of frontal processes, which show a closer resemblance

to the same structure of *C. anchorellae* BRIAN & GRAY figured by GNANAMUTHU (1950) rather than to that of the present species. It is doubtful to me if he was correct in his assignment.

Cardiodectes cristatus sp. nov.

(Fig. 3, Pl. IV, Fig. 3)

Material: One female, on *Diaphus glandulifer* GILBERT, off Owase, Mie Pref., March 22, 1956, by K. SUZUKI.

Habitat: The female intrudes the host on the posterior wall of gill chamber close to its posterior end and on the level just above the flexion point of the last gill arch. Neck curves at right angles as it enters the host body and the head occupies a narrow space in the region of throat. The left lobes of head are in contact with the ventricle, the right lobes, extending upward, apply their dorsal surface to the peritoneum and the frontal processes lie above the pharynx.

Holotype: From frontal processes to curving point of neck 7.6 mm long, from the latter to caudal end 15.4 mm long, head without frontal processes 2.6 mm×4.1 mm, trunk 12.1 mm×1.8 mm and egg tubes 37.8 mm long. Body curved at a right angle in neck region. Head and trunk orange-yellow in alcohol, neck whitish and egg tubes pale lemon-yellow. Neck very thick and tough in external cuticle, head much thinner and frontal processes thinnest, showing very soft, fleshy appearance.

Cephalothorax more or less quadrangular, expanded laterally in a pair of flattened, irregularly lobated lamellae. Ventral surface with a shallow median longitudinal groove. Anterior end covered with prominent, arborescent frontal processes. These are composed of numerous long stalks, repeatedly ramifying into narrower off shoots, each of which is more or less elongate, ending in blunt apex. Entire mass of processes thus exhibits a bouquet-like appearance. Neck is continued from posterior end of cephalothorax, with which it does not make a right angle. It is narrower than half of trunk, though somewhat enlarged at anterior end to join cephalothorax. It shows a constriction some distance behind its anterior end and the region posterior to this constriction is exposed on the host surface. Posterior part of neck gradually widens to continue to trunk, which is cylindrical, about one seventh as broad as long and of uniform width except at both ends. Trunk carries egg tubes on ventral surface some distance in front of caudal end. Abdomen is continued from dorsal surface of trunk. It is flattened, narrower than half of trunk, twice as long as wide, parallel on sides and truncate at caudal end.

Only a single pair of swimmerets present on the neck just behind its fore end. Other pairs missing.

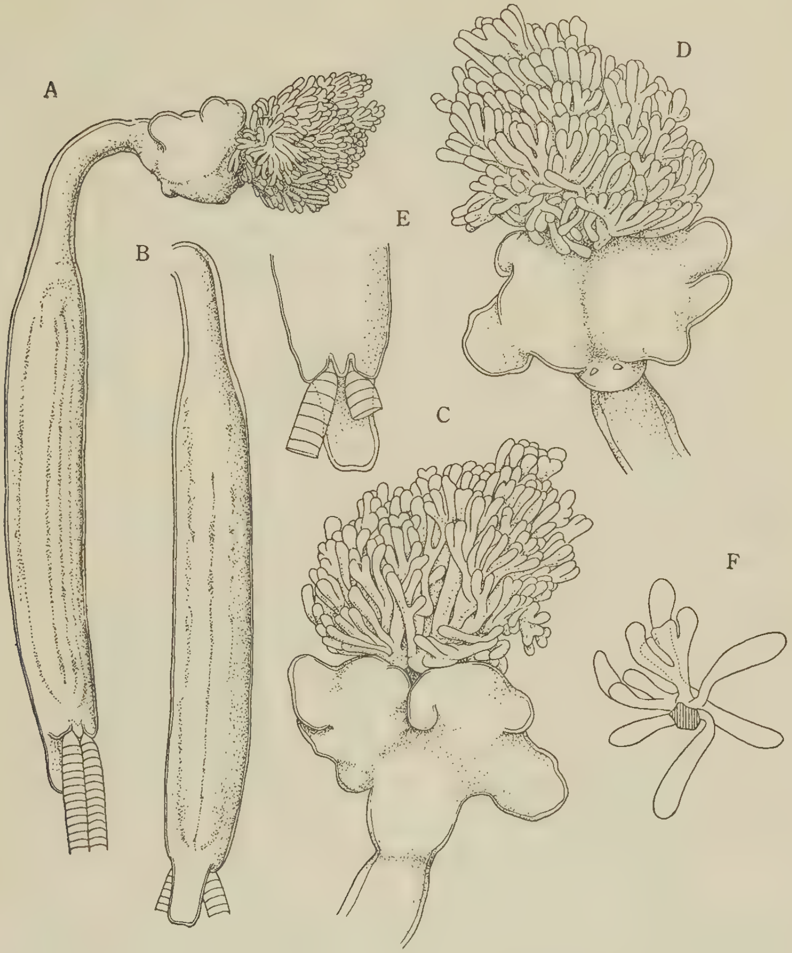


Fig. 3. *Cardiodectes cristatus* sp. nov. A, female, ventro-lateral view; B, trunk, dorsal view; C, head, dorsal view; D, same, ventral view; E, caudal end of body, ventral view; F, one of frontal processes. A, B ×5.7; C–E ×10; F ×19.

Remarks: The new species is nearly allied to *bellottii* (Richiardi) described by Wilson (1917), to which it bears a certain resemblance in the character of frontal processes. It is different from *bellottii* in that the trunk is relatively slenderer and carries dorsally to egg tubes a short, but distinct abdomen, which remains in *bellottii* in the condition of insignificant knob. Capart (1953) laid much stress upon the internal anatomy, especially upon the genital organs, in assigning his specimen to *bellottii*. Since there is but a single specimen available in the present case, the detailed study of internal organs, or of minute appendages has not been made. *C. frondosus* Schuurmans-Stekhoven (1937) is another species which appears rathers near to the new species. The two are very much alike in

the constitution of frontal processes and the configuration of abdomen. But the frontal processes are more profusely branched in the new species than in *frondosus*.

The host of *cristatus* is infected by another species of the genus, *medusaues*, described in the preceding. The two parasites are quite distinct in the characters of frontal processes and of abdomen as well as in the neck not making a right angle with the head in *cristatus*. Number of legs retained are also different between them. But I can not be positive about this point, since the legs are liable to be torn away at the time when the animal is removed from the host cyst.

Cardiodectes longicervicus sp. nov.

(Fig. 4, Pl. IV, Fig. 4)

Material: A single female, on *Dasiscopelus asper* (RICHARDSON), in Owase Bay, by K. SUZUKI.

Habitat: The neck of female is inserted into the posterior wall of the left gill chamber at a point just above and behind the flexure point of the last gill raker. The greater part of body is exposed on the side of host, along which it extends straight backward, reaching the level with the attachment of ventral fins. The small anterior part of exposed region is overlapped by operculum. The host epidermis immediately surrounding the neck is somewhat thickened, forming a circular ridge. The neck is curved on the outside of host, but the region inside the host is straight and rather short. Head is buried within the host muscles and is enclosed next to its surface by a cyst derived from subcutaneous connective tissues and showing the toughness like a cartilage. The cyst lies just above the hind end of buccal roof, from which it is separated by a very thin layer of muscle fibres, and its posterior wall adjoins the peritoneum of abdominal cavity. Around the cyst, especially in the region where the mouth of parasite is applied, a number of blood vessels are clustered.

Holotype: From top of head to curving point of neck 6.7 mm long, from the latter to caudal end 11.2 mm long, head 2.4 mm × 3.0 mm, trunk 9.6 mm × 1.7 mm and egg strings 27.3 mm long. Color of trunk orange-yellow in alcohol, cephalothorax yellow, frontal processes and egg strings whitish. Body slender, curved at posterior one third of neck in an obtuse angle, with anterior region inclining toward left as well as toward ventral side. Furthermore, neck is twisted about a right angle around its axis, so that the dorsal surface of head coincides with the right side of trunk and ventral surface with the left side.

Head wider than long, rather thick dorsiventrally. Central portion roughly obovate, slightly convex on dorsal surface, but depressed on ventral surface. Lateral lobes massive, divided on their surface into a number of prominent bulges. Frontal processes are not composed of tufts of long digitate filaments, but of

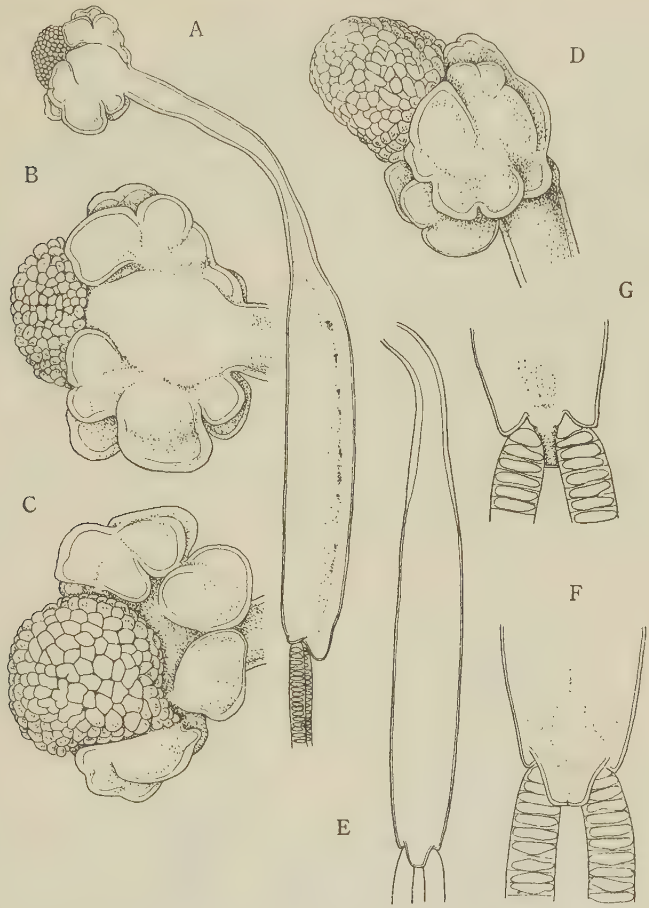


Fig. 4. *Cardiodectes longicervicus* sp. nov. A, female, head in dorsal view, trunk in lateral view; B, head, dorsal view; C, same, ventral view; D, same, lateral view; E, trunk, dorsal view; F, caudal end of trunk, dorsal view; G, same, ventral view. A, E×5.6; B–D, F, G×14.

short branches arising from much thickened peduncle, and form a round compact mass resembling a berry. Surface of this mass is made up of numerous small polygonal areas, each of which represents the tip of a terminal branch of repeatedly forked processes. Neck is continued from posterior end of cephalothorax, which is inclined ventrally very slightly. It is about as long as trunk in its extended length, very slender and further narrowed in the curved region. Insensible constriction occurs at anterior one third of neck, the region posterior to this point emerging from the host body. Trunk is cylindrical, about one sixth as broad as long and of uniform width throughout, though somewhat narrowed toward front to join the neck. Ventral side is flat and makes a triangle on either side of the attachments of egg tubes. Dorsal side is slightly curved and produced backward on dorsal level into a small abdomen. Abdomen

is narrower than trunk, trapezoid in dorsal aspect, with converging sides and truncate end, but is triangular in lateral aspect, ending in blunt apex.

Thoracic legs undetected. Caudal laminae absent.

Remarks: This new species bears a close resemblance to the specimen of *bellottii* figured by CAPART (1953, Fig. 10) in its general appearance. Both have very slender elongate neck and knodular head, but are different in the constitution of frontal processes. In the new species the processes form a round compact mass composed of rather short, profusely branched processes. In CAPART's specimen, they are more or less divergent and appear to consist of far longer filaments. There are some doubt in Capart's assignment, since, according to WILSON, the neck of *bellottii* is relatively far shorter and thicker than that shown in CAPART's figure and the frontal processes are farther elongated. At any rate, the new species may be characterized by its well-developed lateral lobes of head bearing a number of prominent knobs and by the frontal processes forming a compact mass which reminds us of a berry.

Genus *Lernaeenicus* LE SUEUR, 1824

Lernaeenicus ramosus KIRTISINGHE, 1956

(Figs. 5–7, Pl. V, Fig. 1)

KIRTISINGHE 1956, Parasitol., Vol. 46, p. 24, Figs. 12–14.

Material: No. 364, 1 complete and 3 mutilated specimens on *Epinephelus tsirimenaria* (T. & S.), at Seto, Wakayama Pref., April 2, 1954, by F. UCHINOMI; No. 338, 1 specimen, on *E. akaara*, at Momotori, Mie Pref.; No. 269, 1 complete and 1 mutilated specimens, on *E. akaara*, locality unknown, by K. SUZUKI.

Habitat: All specimens from No. 364 were submitted to me removed from the host and three of them were without head. One of specimens was covered by branching root system of a Suctoria on its trunk. No. 338 inserted the neck into the upper margin of host body side just beneath the skin and the head was buried in the subcutaneous muscular tissues. One female from No. 269 was intruding into the host on the upper surface of head in the region just above the eye and the other female on the middorsal line of the same host just behind the head. On dissection, it was found that the cephalothorax together with its radiate horns and the posterior portion of neck are invested by a rather tough, leather-like cyst which conforms almost exactly to the shape of these parts. The cyst is much thicker in the region of head and neck than around the horns, but is more or less softened to a fleshy tissue as it draws nearer the host surface. It is surrounded by subcutaneous connective tissue thickening and the radiating horns enclosed by it are inserted directly into the muscles, in which they run largely along the muscular fibres. The frontal processes are not covered by

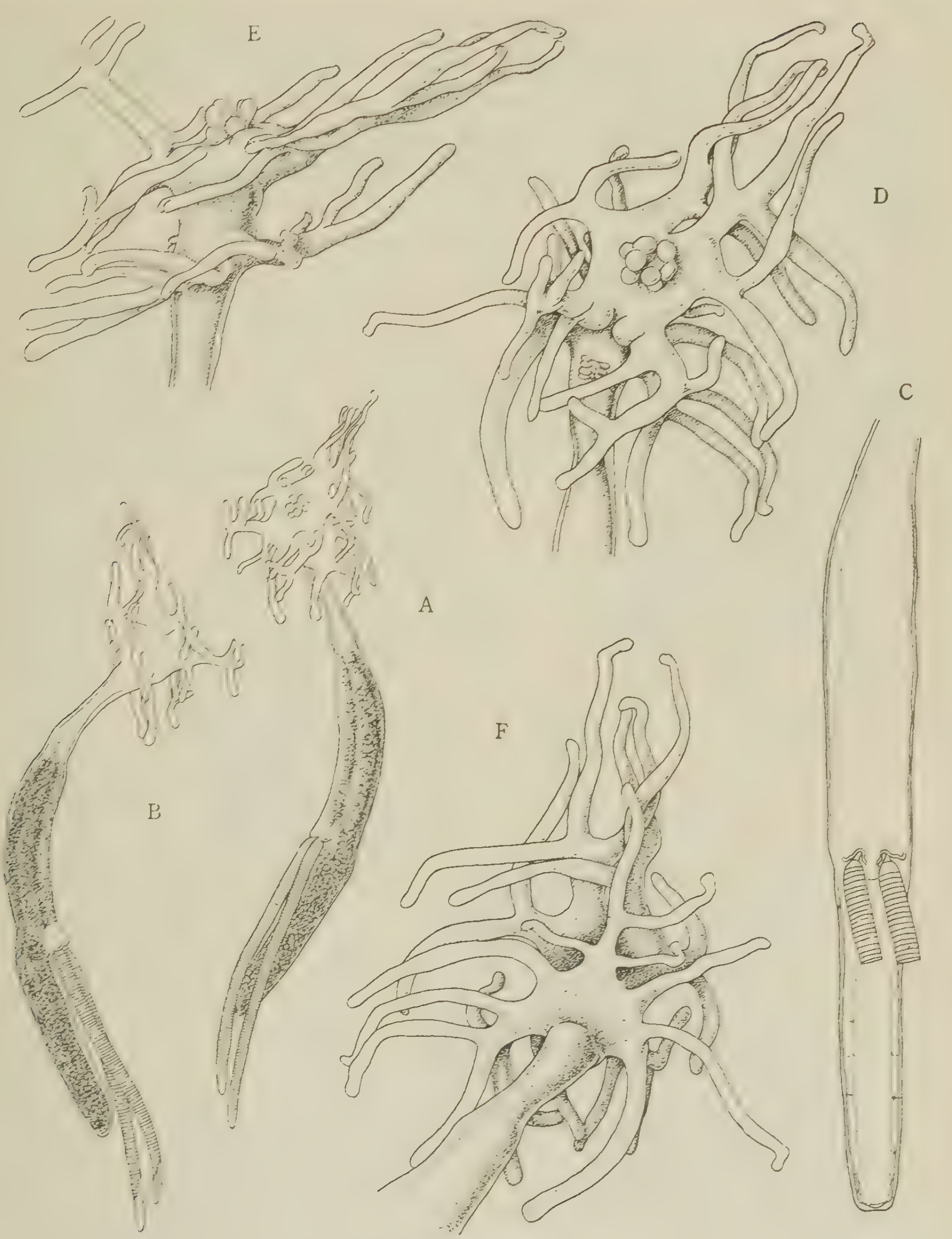


Fig. 5. *Lernaeenicus ramosus* KIRTISINGHE. A, female, head in ventral view, trunk in ventro-lateral view, specimen No. 364; B, lateral view, same; C, trunk, ventral view; D, head, ventral view; E, same, lateral view; F, same, posterior view. A, B ×5.5; C ×10; D–F ×40.

the cyst, but are peeping from a round hole made on it. The connective tissue above the hole is dissociated to make a small hollow cavity enclosing the frontal processes at its bottom.

Specimen No. 364: Body slightly curved ventrally, 12.8 mm long from top of head to caudal end, largest extension of head horns 6.4 mm, neck 3.6 mm × 0.5 mm, trunk 9.7 mm × 1.2 mm, egg strings 7.5 mm long. Color of trunk in alcohol dark brownish, thickly covered by linear or reticular pattern of black pigment over entire surface, head and neck pale yellowish brown and egg strings yellow.

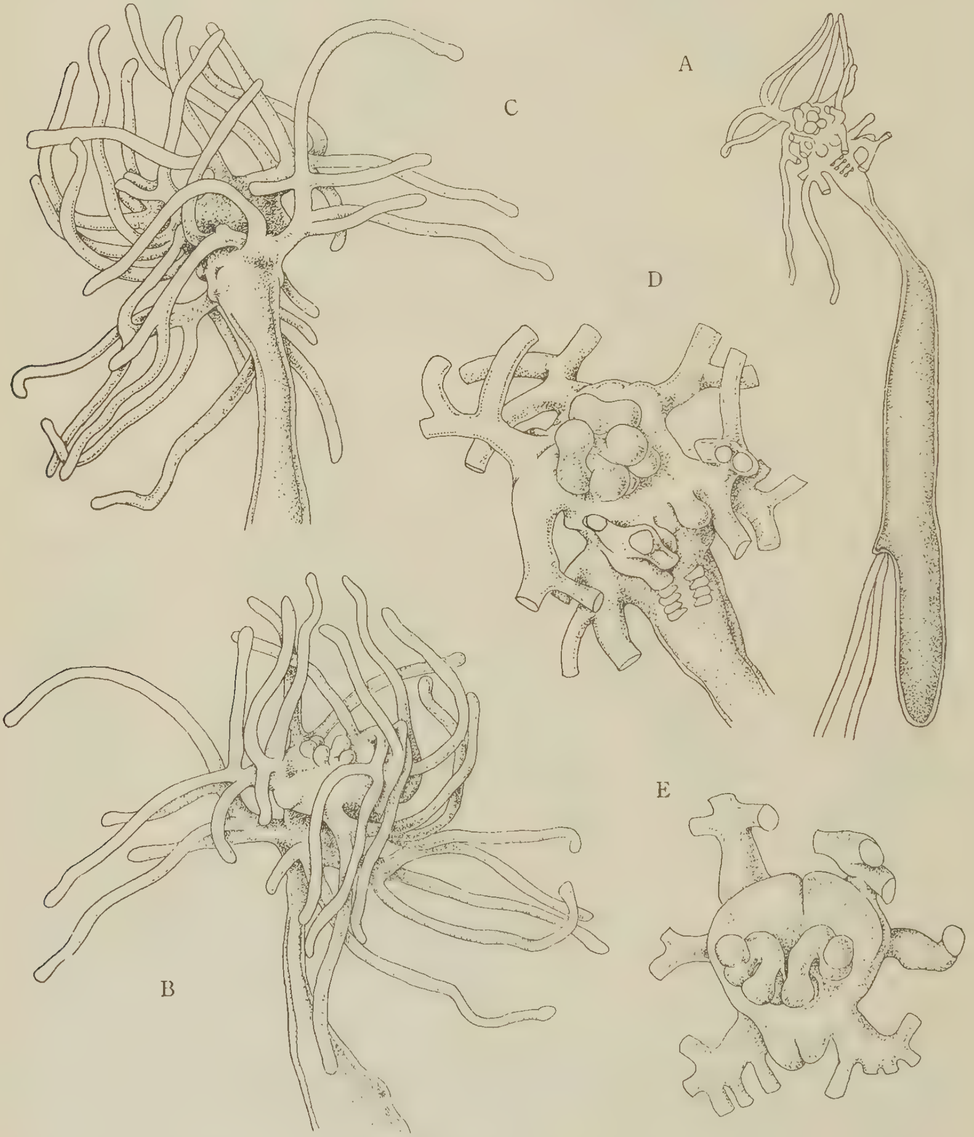


Fig. 6. *Lernaeenicus ramosus* KIRTISINGHE. A, female, with large part of lateral horns removed, head in ventral view, trunk in lateral view, specimen No. 338; B, head, lateral view; C, same, posterior view; D, same, anterior view, with greater part of lateral horns removed; No. 269, head, with lateral horns removed, anterior view. A ×5.5; B, C ×10; D, E ×17.

Cephalothorax cylindrical, but expanded at the top into a disc more or less perpendicular to its antero-posterior axis. The disc radiates on each side three or four filiform horns which are forked near their bases into two or three long branches, arranged largely on the same plane as the disc itself. A pair of spherical knobs are added to them, one on each side of midventral line. Another whorl of radiating horns occurs at posterior end of cephalothorax. This whorl consists of three stalks, issuing one from middorsal line and others from either side; all of them are divided into branches which are on a plane parallel with that of anterior whorl. Frontal processes arise from the centre of top disc as a pair of very short peduncles, which are bifurcated twice. Tip of each terminal branch ends in a spherical knob. Neck is relatively short, slenderer than cephalothorax and not much curved. It is twisted, however, for some angle around its axis, so that it turns its ventral surface toward the left of trunk. Posterior part gradually enlarges in width to continue to trunk. The latter is cylindrical, occupying about two thirds of entire length, eight times as long as broad and divided into two portions by the attachment of egg strings to its ventral surface. Anterior portion is uniform in width, though slightly narrowed forward, and it is somewhat swollen on ventral side at posterior end into two bulges carrying egg strings. Posterior portion, the abdomen, is dorsal to egg strings, only slightly shorter and narrower than anterior portion and truncate at caudal end, but blunt in lateral aspect. Egg strings extend beyond caudal end for some distance.

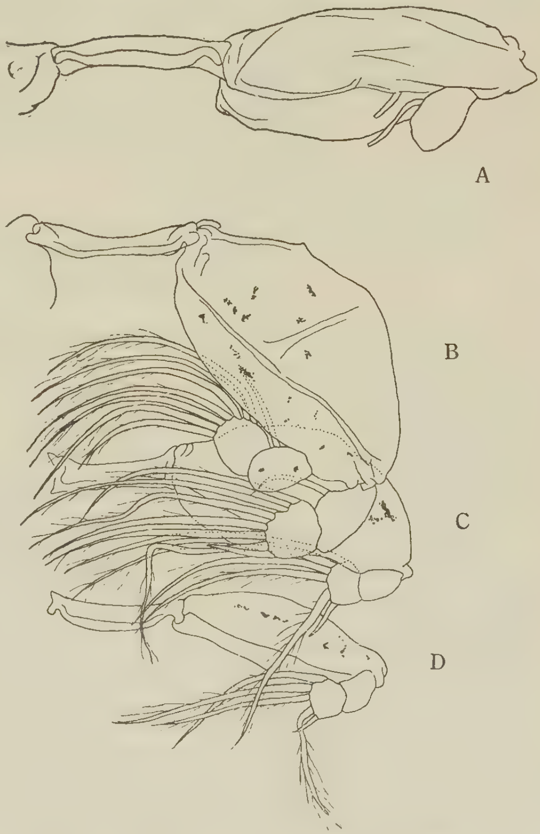


Fig. 7. *Lernaeenicus ramosus* KIRTISINGHE, thoracic legs. A-D, first to fourth legs in due order, specimen No. 338. ×340.

Four pairs of thoracic legs crowded together on ventral surface of neck at its anterior end and just behind posterior whorl of radiating head processes.

Specimen No. 338: 15.1 mm long. Cephalothoracic horns more strongly

branched than in No. 364, with their branches much longer, thinner, more intricate and not lying on a plane. Neck is curved at its posterior end making an obtuse angle with trunk and is twisted around its axis for a right angle, so that its ventral surface is parallel with the left side of the latter. Posterior portion of trunk shorter than anterior portion.

First pair of legs with larger part of rami mutilated. Second pair biramous, composed of broad protopodite and two-jointed rami. Apical joint of endopodite tipped by seven setae, all sparsely ciliated on two opposite borders; that of exopodite supplied with six similar setae and a short additional one outside them; basal joint of both rami with a single short hair on inner margin. Last two pairs uniramous, carrying two-jointed ramus. Terminal joint ends in five long and one short external hairs in third pair, while in four long and one short hairs in fourth. Protopodite of fourth pair much narrower than that of other pairs. Legs of two sides are combined together by a narrow sternal bar in all pairs.

Remarks: In having two whorls of intricate horns and in the constitution of trunk, the present specimens are in exact agreement with those of Kirtisinghe from Ceylonese water. Original specimens were the parasite of *Epinephelus morrhua*.

Lernaeenicus ater sp. nov.

(Figs. 8 & 9)

Material: 13 females, on *Apogon lineatus* T. & S., at Owase, Mie Pref., by K. Suzuki, October 23, 1957.

Habitat: The parasite inserts its body into the host at various places. The sites of insertion observed are as follows: near the base of pectoral fin, five females; at the base of dorsal fin, one; behind the ventral fin, two; on the mid-dorsal line in front of ventral fins, one; on the side above the anal fin, one; on the side just behind the upper angle of operculum, one; on the operculum, one. One of the hosts carries two parasites, one just behind the pectoral fin and the other on dorsal side close to the end of posterior dorsal fin.

The female inserted into operculum (Fig. 8, A–C): Head is buried in the flesh of host at the junction of operculum with the head (upper angle of operculum). Anterior whorl of softer horns is surrounded by the flesh in deeper part, though one of the horns is left free in the gill cavity. Posterior whorl of harder horns lies in the superficial part.

The female inserted just behind pectoral fin (Fig. 8, D & F): Neck passes through the thin muscular layer of body side so as to thrust head into the abdominal cavity. Some of softer horns are buried in the muscles, while others lie free in that cavity permeating among the viscera. Harder horns of posterior whorl are

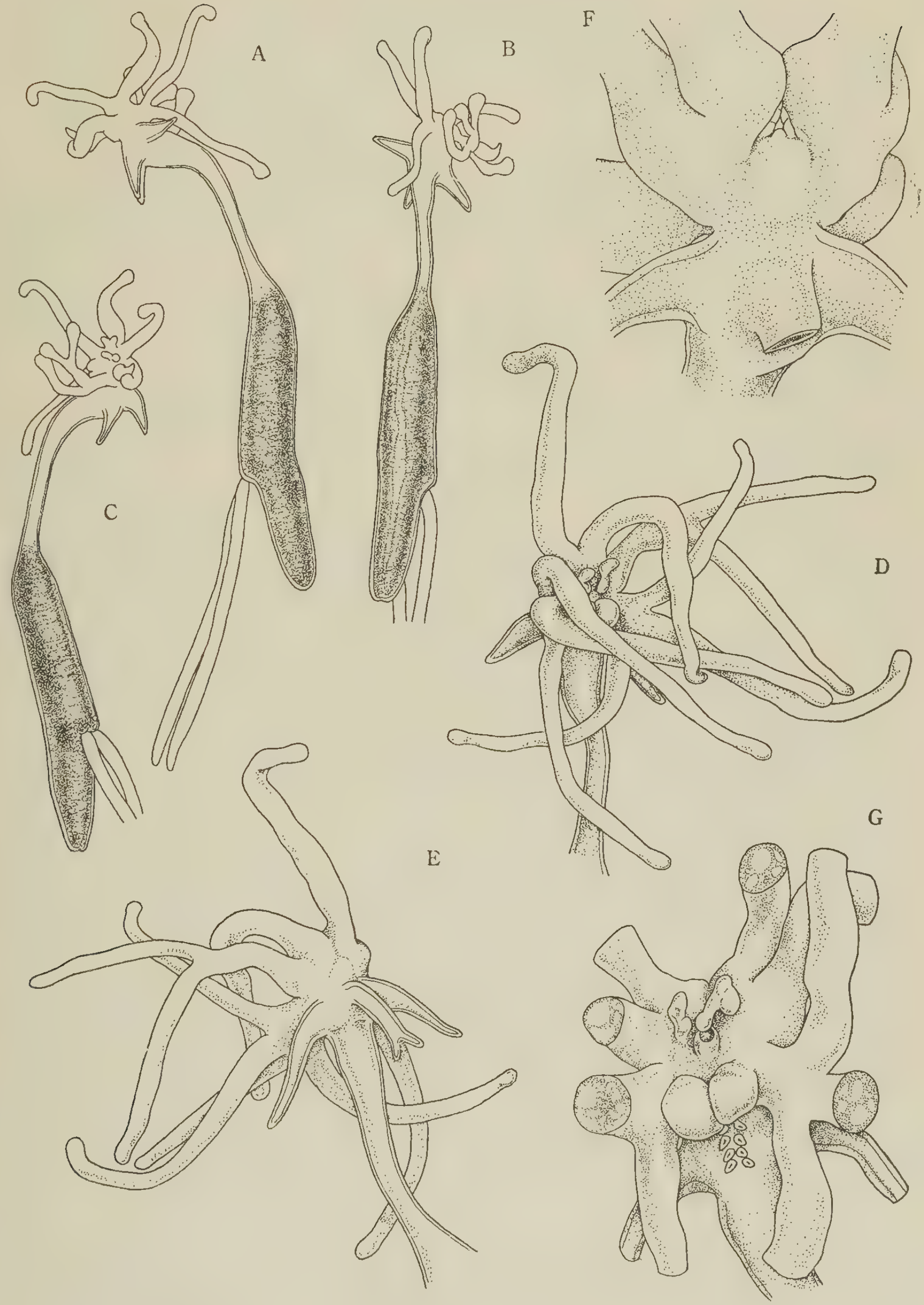


Fig. 8. *Lernaeenicus ater* sp. nov. A–C, holotype; D–G, paratypes; A, female, lateral view; B, same, dorsal view; C, same, ventro-lateral view; D, head and neck, ventral view; E, same, dorsal view; F, head, with dorso-median horn removed, dorsal view; G, same, ventral view, with a large part of horns removed. A–C ×5.3; D–E ×10; F, G ×19.

in the superficial layer of muscles and one of them thrusts its tip even out of the skin. The surface of host surrounding the point of entrance of neck is covered, extending over a broad area, by a slimy substance which has presumably been exuded from the underlying skin.

The female inserted into the operculum is selected as holotype.

Holotype: Body not much curved. Length from frontal processes to caudal end 13.3 mm, largest calibre across cephalothoracic horns 6.6 mm., from frontal processes to neck end 5.8 mm long, neck width 0.4 mm, trunk 8.4 mm × 1.4 mm and egg strings 8.0 mm long. Neck pale brownish in formalin, cephalothorax together with anterior region of neck much paler in tinge, trunk black and egg strings pale pinkish.

Cephalothorax rather short and represented by apical enlargement of elongate neck. It forms at the apex a narrow, ventrally inclined disc and radiates from the sides two pairs of soft horns which are forked at the very base into two filiform elongate branches. These branches do not lie on a single plane and one of them is again bifurcated near the apex. Apical disc possesses at its centre a short oral tube and just dorsally to it a pair of short bifurcate frontal processes ending in claviform apices. It carries, further, on its ventral margin on the median a pair of spherical knobs closely adjoining together. Posterior whorl placed just behind the anterior whorl consists of three horns, arising one from midline and the others from the sides of neck close to its fore end. Each horn, acuminating to the tip, is much shorter than any of anterior horns, but far more strongly chitinized. Neck is shorter than trunk and far slenderer though widening forward to join cephalothorax. It is curved in an obtuse angle some distance behind the anterior end and twisted around its axis for an angle of more than 90°, so that the ventral side of cephalothorax is turned more or less dorsally in relation to the trunk. Posterior end of neck somewhat abruptly widens to continue to trunk, showing a distinct demarcation between them. Trunk is cylindrical, six times as long as wide and slightly curved dorsally from the attachment of egg strings backward. Ventral surface is abruptly depressed just hehind this attachment, where it makes a right angle in lateral aspect. Posterior region of trunk, the abdomen, is somewhat smaller in width and thickness than anterior region and terminates in slightly bilobed end, which is narrowly round in lateral aspect.

First antennae absent. Second antennae interposed between the members of dorsalmost pair of cephalothoracic horns, very tiny and three-jointed, terminal two joints forming a subchela; palm of subchela armed at inner distal angle with a short acuminate process, against which curved, sharp claw acts. Eyes placed just in front of oral tube and immersed deep beneath the external surface. Oral tube is a short cylinder, encircled around its opening by a narrow flange and

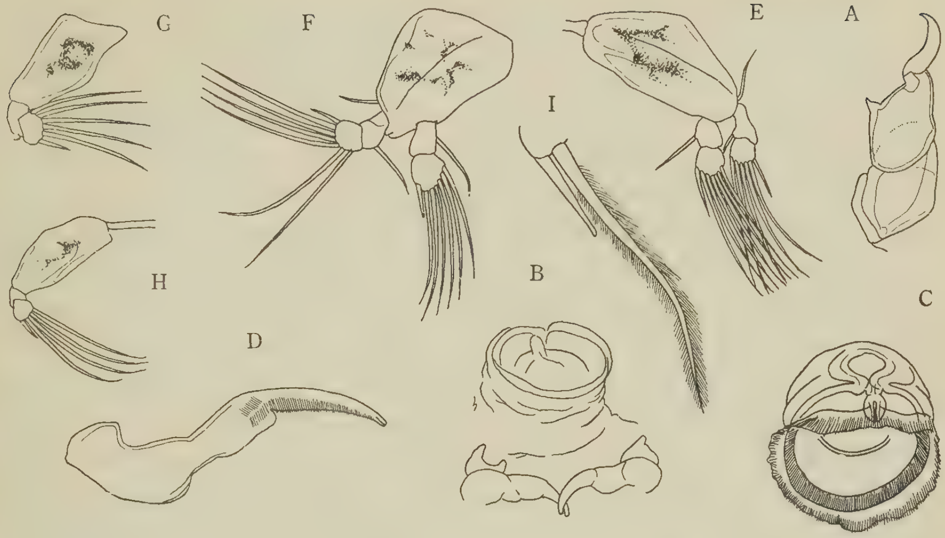


Fig. 9. *Lernaeenicus ater* sp. nov. A–I, paratype; A, second antenna; B, mouth tube and maxilliped; C, mouth tube; D, maxilliped; E–H, first to fourth legs in due order, all legs except first taken from the right side; I, spines at inner distal angle of endopodite of first leg. A, B, E–H ×170, C ×200, D ×340, I ×490.

encloses minute crescentic mandibles. Maxillae also small, composed of curved, indistinctly jointed base and falciform terminal blade, which is ornamented on its surface with a series of short transverse ridges extending along entire length; two similar but much shorter series occur also at distal end of base. Four pairs of legs are crowded together at anterior end of neck and just behind midvental knobs of apical disc. First two pairs, resembling each other, are biramous and composed of broad triangular protopodite and small two-jointed rami. Terminal joint of both rami is fringed by six long and one much shorter hairs except in exopodite of 1st, where longer spines are reduced in five. Basal joint of all rami has a single short hair on inner margin and protopodite a similar one at outer distal angle. Last two pairs are uniramous, made up of two-jointed ramus and protopodite much narrower than that of preceding pairs. Terminal joint carries five longer and one shorter hairs in third pair, while four longer and one shorter hairs in fourth. Caudal rami missing. Egg tubes contain numerous eggs which are far more flattened than in ordinary case.

Paratype: A female inserted into the region just behind pectoral fin. Anterior whorl of cephalothoracic horns consists of three pairs; dorsalmost of them unbranched, ventralmost bifurcate on one side, but trifurcate on the other, and central pair undivided on the former side, while bifurcate on the latter. Middorsal horn of posterior whorl bifid at the apex.

Remarks: In having the whorl of filiform horns at the anterior end, the

present species is nearly allied to *radiatus* Le Sueur, *polyceraus* Wilson, *gnathoniscus* Leigh-Sharpe, *seeri* Kirtisinghe, *nemipteri* Gnanamuthu and *ramosus* Kirtisinghe described in the preceding section. It differs from *radiatus* in having two whorls of horns instead of one, and in that the horns are far numerous and more profusely branched. It is distinguished from *polyceraus* and *seeri* also by the constitution of horns; the former of these species has only two horns at the anterior end of head and three at the posterior end, all forked but little, and the latter carries four of almost unbranched horns belonging to the posterior whorl and bears an extraordinarily elongated filament at caudal end. *L. gnathoniscus* is not adequately defined by the original author, but it appears to lack the posterior whorl and the horns of anterior whorl are not profusely branched. The new species is closest to *nemipteri* and *ramosus* in the possession of two whorls of intricate horns. In *nemipteri*, however, the anterior whorl is incomplete and the apical disc is protruded from the whorl plane. The new species may be distinguished from *ramosus* by that the posterior whorl consists invariably of three horns and is very closely placed to anterior whorl.

Genus *Creopelates* gen. nov.

Diagnosis: A lernaeid copepod female. Body divisible into short cephalothorax, slender elongate neck (posterior thorax) and swollen, sausage-shaped trunk (genital region). Cephalothorax neither with frontal processes, nor with lateral horns, but with lobate laminae. Neck fringed along two sides with a number of laminae profusely digitate on their margin. Trunk with a small rudiment of adbomen. Egg strings spirally twisted and packed with uniserial flattened eggs. Four pairs of swimming legs retained; first two pairs biramous, but last two uniramous. Attacking host near the heart and anchoring with elongate neck within host flesh.

The new genus is close to *Cardiodectes*, resembling in habitat as well as in structure. But differences are found in that the head of the new genus does not invade the pericardial cavity of host, being confined within the abdominal cavity, and lacks the digitate frontal processes and lateral horns, and in that the neck is fringed by digitate laminae.

κρέας flesh; *πελατης* intruder.

Type species: *Creopelates floridus* sp. nov.

Creopelates floridus sp. nov.

(Figs. 10 & 11, Pl. V, Fig. 3)

Material: Three females found on two individuals of *Zalanthias azumanus* Jordan et Richardson, off Isshiki, near Hayama, Sagami Bay, January 18, 1957.

One of the hosts was infected by two parasites, carrying one on each side of body. The specimens belong to the property of the Biological Laboratory of His Imperial Majesty.

Habitat: Observation on the host carrying a single parasite is as follows: The parasite penetrates the host on the right side just behind the base of pectoral fin and behind the pectoral girdle. Trunk of the parasite is not parallel with the host body side, but, making a small angle, it is directed outward and backward. Neck is curved at a right angle just before entering the host and directs antero-dorsally within the host, skirting along the anterior limit of coelomic cavity, into which a part of neck intrudes. The neck lying behind and beneath the cleithrum is thus screened posteriorly from the coelom by a thin peritoneum and is pressed anteriorly against the wall of pharynx. Dorsal surface of neck crowded with digitiform laminae is faced to the body wall. The anterior end invades the epaxial muscles of host and the head is attached to the median septum of myocommata. Host cyst surrounding the head and neck is closely applied to their surface. It covers also the digitate lateral laminae intruding into every crevice made between adjoining digits.

Holotype: Body curved at right angles at the junction of neck with trunk. From head to hind end of neck 9.7 mm long, trunk 4.7 mm long, 1.7 mm wide and 1.5 mm thick. Trunk pinkish brown to dark brown in alcohol, head and neck white and egg strings also white.

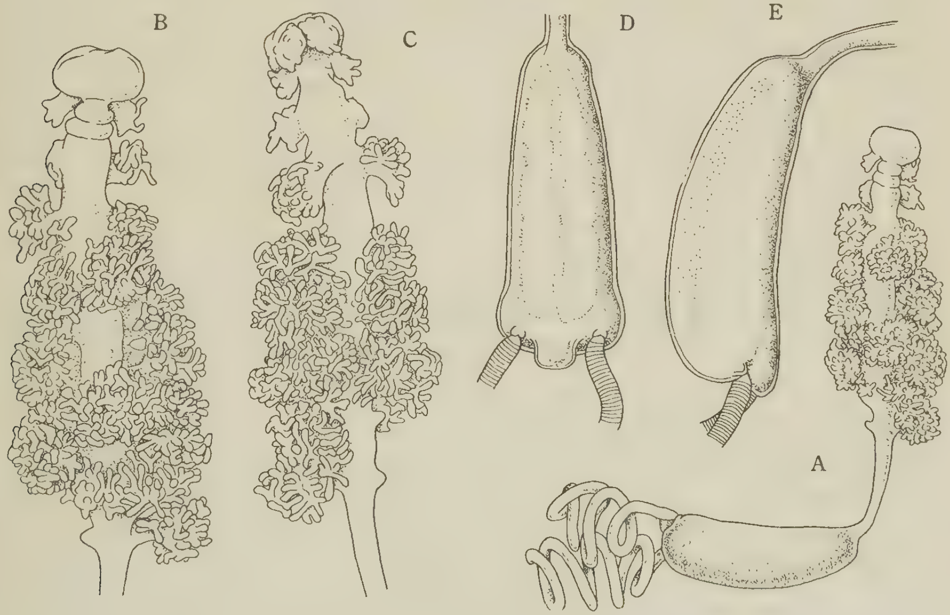


Fig. 10. *Creopelates floridus* gen. et sp. nov. A, female, head in dorsal view, trunk in lateral view; B, head and neck, dorsal view; C, same, ventral view; D, trunk, ventral view; E, same, lateral view. A ×5.5; B–E ×10.

Cephalothorax small in size, wider than long, ellipsoidal and distinctly demarked from succeeding region by a constriction. It bears on ventral side a pair of quadrate lobes, which are closely adjoining each other and projecting straight downward; another pair of similar but smaller lobes occur in posterior region, each directing outward and somewhat backward from either side. Those lobes are more or less tuberculate or digitate on margin. Neck is elongate, longer than trunk, slender and uniform in width except in the posterior quarter of its length, where it is slightly narrowed backward to continue to trunk. It is straight, but curved at posterior end abruptly for a right angle before joining the trunk and is twisted for a similar angle around its axis, its dorsal surface thus corresponding to lateral side of trunk. Behind the boundary between it and cephalothorax it bears two successive constrictions, by which two short annuli are demarked. Extending from just behind these annuli as far backward as three quarters of its length, neck is fringed with a series of finely digitate lobes which are arranged in about ten pairs. Each lobe arises from the side of neck by a narrow short peduncle, but immediately expands into flattened lamella, margin of which is finely and profusely divided into numerous digitiform laminae; thus the whole exhibits a bouquet-like appearance. Trunk is one third as wide as long, only slightly curved dorsally and strongly vaulted on ventral side. It is sausage-shaped, wider posteriorly than anteriorly and round at anterior end, to whose dorsal angle narrow base of neck is inserted. Though evenly round in lateral aspect, posterior end forms a slight bulge at each dorso-lateral angle and carries a short squarish abdomen on dorsal level between the insertion of egg strings. Abdomen is one third as wide as trunk, shorter than wide, almost truncate on caudal margin, but well round in lateral aspect. Egg strings attached to the trunk on its dorsal level are spirally twisted and packed with a series of very flattened eggs.

First antennae locate on anterior surface of cephalothorax close to ventral margin at the bottom of median crevice between ventral lobes. They are very tiny, unjointed, filiform appendages and furnished with a few short hairs on their apex as well as on their side. Second antennae are also tiny, cheliform, two-jointed and composed of oval palm, armed with a short tooth at inner distal angle, and a slender, curved claw. Mouth not forming a tube. Eye with trace of pigment is buried under skin and interposed between antennae. Other cephalic appendages undected. Thoracic legs are in four pairs and are crowded together at anterior end of neck. First two pairs situate on ventral surface of first annulus of neck, third pair is a short distance apart from them and at anterior end of second annulus and fourth is separated from the preceding by a longer distance and close to posterior end of this annulus. First two pairs are biramous, consisting of oral protopodite and two-jointed rami; apical joint is surmounted with six

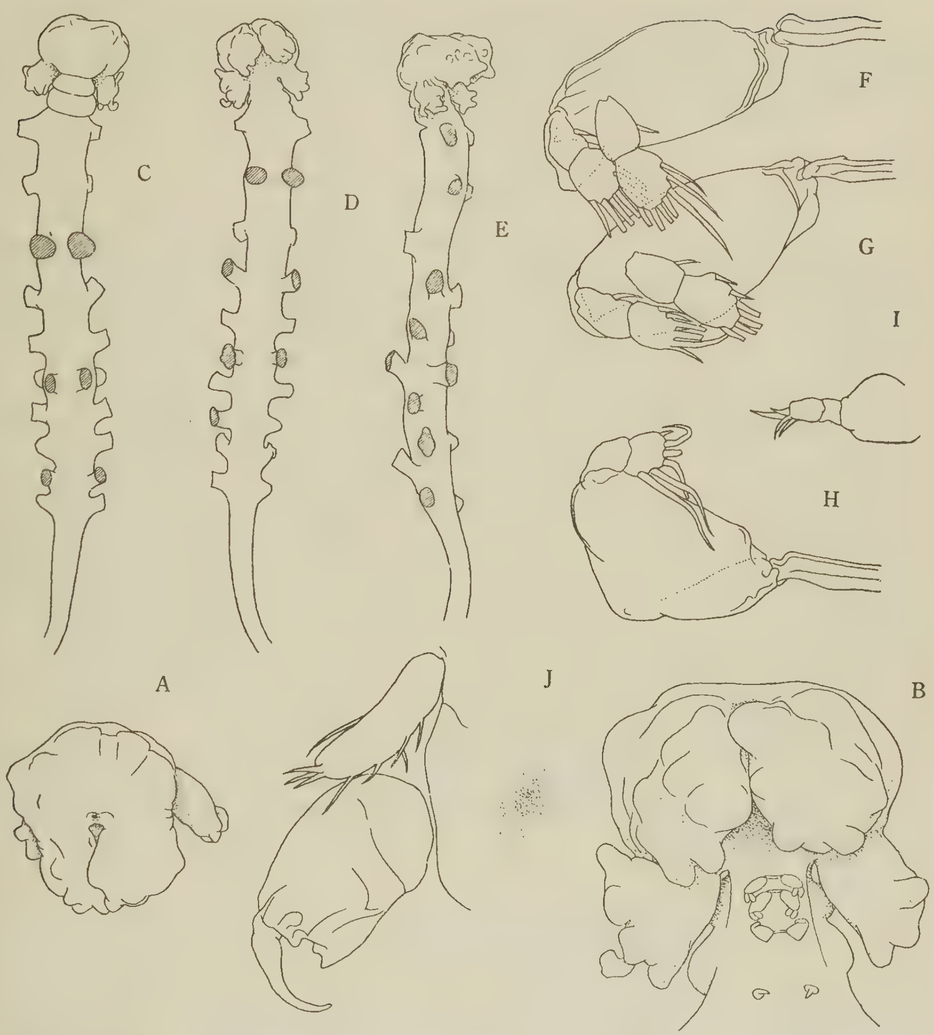


Fig. 11. *Creopelates floridus* gen. et sp. nov. A, head, anterior view; B, same, ventral view; C–E, head and neck, with bouquet-like laminae removed and showing the arrangement of their peduncles; C, dorsal view; D, ventral view; E, lateral view; F–I, first to fourth swimming legs in due order; J, first and second antennae and eye in situ. A ×19; B ×34; C–E ×10; F–J ×340.

or seven hairs and basal joint carries a single hair on inner margin. Other pairs uniramous. Third pair has triangular protopodite and two-jointed ramus fringed by six hairs. Fourth pair is very rudimentary, reduced into a mere stump on one side, but retaining a pediform on the other side. Pediform member is composed of protopodite much smaller than in foregoing legs and two-jointed, similarly small-sized ramus, tipped by very short hairs. Legs of both sides are combined together by a narrow sternal bar in first three pairs, but fourth pair lacks this bar. Caudal rami wanting.

Remarks: Though uncertain, the ventro-median lobes of cephalothorax may probably correspond to the frontal processes of other lernaeid genera and the postero-lateral lobes to the lateral horns.

Genus *Ophiolernaea* gen. nov.

Diagnosis: A lernaeid copepod female. Body divisible into five regions: cephalothorax, proboscis, anterior thorax, posterior thorax (neck) and trunk (genital region). Cephalothorax distinct from succeeding region. Oral region extraordinarily elongate to form a slender tube-like proboscis extending several times the length of body. Anterior thorax with a pair of wing-like lateral expansions. Posterior thorax slender and elongate. Trunk swollen, with a rudiment of abdomen at caudal end. Both pairs of antennae at fore end of cephalothorax; first pair filiform and second pair cheliform. Mouth at the tip of elongate proboscis and associated with eye, maxillae and maxillipeds. Four pairs of swimming legs at fore end of thorax; first two pairs biramous, last two uniramous. Caudal rami absent. Egg strings containing uniserial, flattened eggs. Parasite inserts its anterior end together with proboscis into the abdominal cavity of host.

ὄφις serpent, λερνη a fabled abode of the Hydra.

Type species: *Ophiolernaea longiceps* sp. nov.

Remarks: Among the genera of the Lernaeidae, the new genus occupies a quite unique position for the possession of unusually long proboscis and for the very interesting habitat.

Ophiolernaea longiceps sp. nov.

(Figs. 12 & 13; Pl. V, Figs. 4–6)

Material: Six females, on *Pslyspinus spinosus* GÜNTHER, off Owase, Mie Pref., by K. SUZUKI.

Habitat: The host belongs to one of abyssal fishes. The parasite inserting the neck into the host body side perforates the muscular layer and its head attains to the interior of visceral cavity. Trunk, which is on the outside of host, directs its end toward the tail of host, to which it turns its ventral surface. In the interior of abdominal cavity, the dorsal surface of cephalothorax is faced to the body wall and the two wings of anterior thorax are disposed dorsiventrally in relation to the host. Elongate proboscis is wound in various directions through the interstices among the viscera, with which it makes an entangled mass. Neck is wrapped by the host cyst continuous from the external skin and the anterior region intruding into abdominal cavity is covered by the ingrowth of peritoneum. Proboscis alone, however, is not surrounded by

any membrane, but scattered here and there over its surface merely by patches of fatty tissue derived from the host. A short terminal portion of proboscis is entirely naked and fastened with its tip bearing mouth to the peritoneal wall of one side.

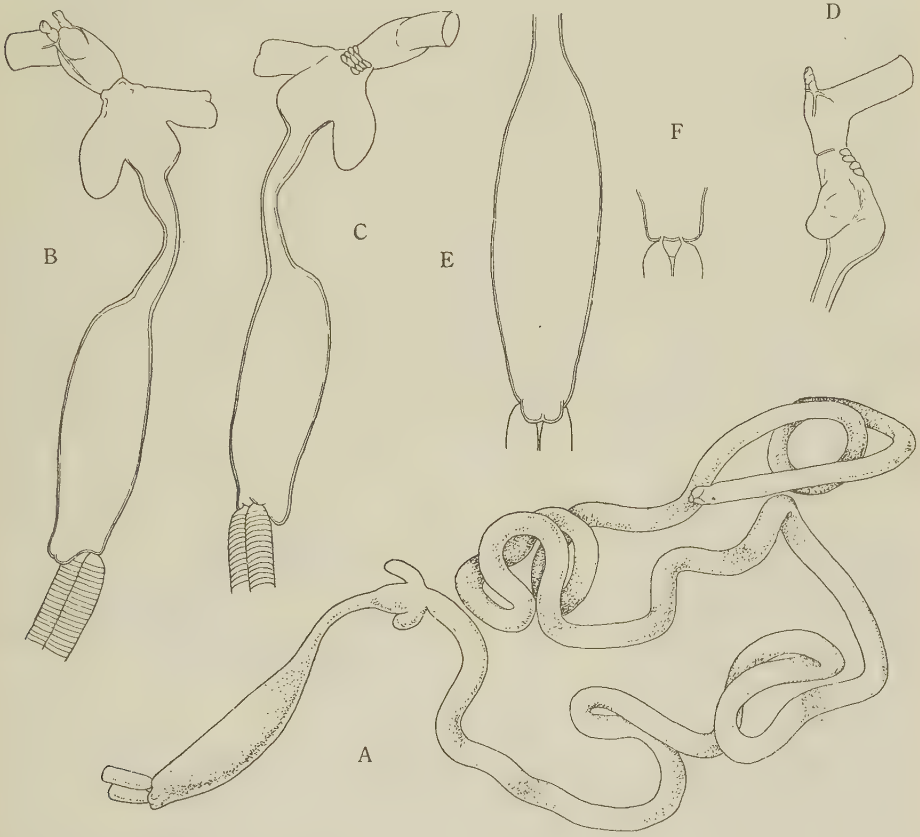


Fig. 12. *Ophiolernaea longiceps* gen. et sp. nov. A, female, entire animal; B, female, with proboscis removed, dorsal view; C, same, ventral view; D, head and anterior region of thorax, with proboscis removed, lateral view; E, trunk, dorsal view; F, same, ventral view. A ×4.5, B–D ×11.2; E, F ×10.

Holotype: Body yellowish white in both the regions outside and inside the host, egg strings white. From cephalothorax to caudal end 9.6 mm long, cephalothorax 1.4 mm × 0.9 mm, anterior thorax 1.9 mm × 1.0 mm, width across its lateral wings 2.7 mm, posterior thorax 2.6 mm × 0.5 mm, trunk 5.0 mm × 1.4 mm, proboscis exceeding the length of body for several times, length of egg tubes unknown.

Cephalothorax elongate ovoidal, two thirds as wide as long, with a small inconspicuous carapace on dorsal side and produced into a proboscis on ventral side close to fore end. Proboscis is a slender tortuous tube with an extraordinary length. It is uniform in width throughout entire length, though somewhat

narrowed at the apex where a round mouth aperture opens. Anterior thorax is somewhat broader and longer than cephalothorax, from which it is bordered by a transverse dorsal furrow. It is produced in its anterior half on both sides into

Fig. 13. *Ophiolernaea longiceps* gen. et sp. nov. A, first antenna; B, second antenna; C, tip of proboscis, showing mouth aperture, maxilla and maxilliped, lateral view: D, same, showing maxilla and eye, dorsal view; E, same, showing maxilliped, ventral view; F, maxilliped; G, first to fourth legs in situ; H, pinnate spines, second from the outside on exopodite; I, one of other ordinary spines. A, B, D, E ×82; C ×41; F, H, I ×170; G ×120.

flattened oblong expansion, which extends outward and backward on the horizontal plane. Posterior thorax is abruptly narrowed forming a slender neck, which is curved a little to one side and attaches to the trunk at its antero-ventral angle. Trunk is fusiform, narrowing toward both ends, occupies about half the length of body and is narrower than one third of its own length. Ventral side of trunk is cut almost in line at posterior end, showing rectangular lateral corners, and carries egg strings just inside of these. Dorsal side of caudal end is produced backward into a small quadrangular abdomen which is wider than long, narrower than half the width of trunk and is slightly bilobed.

Two pairs of antennae at anterior end of thorax and in front of the base of proboscis. First pair filiform, four-jointed and armed with stiff hairs on last three joints. Second antennae placed just ventral to the first, cheliform and three-jointed; basal two joints incompletely separated from each other and second joint reinforced by a sharp claw-like process at inner distal angle, against which sharp, well-curved apical joint closes. Mouth aperture without marginal rim and containing no rudiments of mandibles within. Maxillae are present a short distance behind the mouth on dorsal level of proboscis and consist of two hairs arising from a short peduncle. Maxillipeds locate ventrally to maxillae, members of both sides meeting on midventral line. They are three-jointed; basal joint is elongated, second is also long and has a narrow lamina along hind margin and third is falciform, acuminating toward filiform apex. Eyes are burid deep beneath the skin on middorsal line of proboscis a short distance behind those appendages and surrounded by pigment. Four pairs of thoracic legs are crowded together on ventral surface of anterior thorax close to its fore end; every two successive pairs are separated by an equal distance. First two pairs are biramous and composed of triangular protopodite and two-jointed rami. Protopodite has a spine at outer distal angle. First joint of exopodite is armed with a long spine on the inside and a shorter one on the outside and second joint carries six longer and one shorter outermost spines. Basal joint of endopodite is provided with a long internal spine only in first leg and apical joint with six similar ones in this leg, but with seven in the second. Last two pairs of legs are uniramous and bear distal spine on protopodite much shorter than that of preceding pairs. Terminal ramus is two-jointed. First joint is spineless; second joint is tipped by five long and one short spines in third pair, while by four long and one short spines in the last. Legs of two sides are combined each other by a distinct sternal bar in all pairs. Spines fringing all legs are finely and thickly ciliated along two opposite borders. Of apical spines on exopodite, second from the outside is fringed by much shorter hairs on one side than on the other. Caudal rami absent. Egg strings packed with uniserial flattened eggs.

References

BRIAN, A., 1912. Copépodes parasites des Poissons et des Echinides provenant des Campagnes scientifiques de S. A. S. Prince Albert 1° de Monaco (1886–1910). Res. Camp. Sci. Albert 1° Prince Souverain de Monaco, Fasc. 38, pp. 1–5, 12 Pls.

CAPART, A., 1953. Quelques Copépodes parasites des Poissons marins de la Région de Dakar. Bull. Inst. Franç. d'Afr. Noire, Vol. 15, pp. 647–671.

GNANAMUTHU, C. P., 1951. Studies on a lernaeid Copepod, *Cardiodectes anchorellae* BRIAN and GRAY. Proc. Zool. Soc. London, Vol. 121, Pt. II, pp. 237–252.

———, 1953. Three lernaeid Copepods parasitic on South Indian Fishes. J. Parasitol., Vol. 39, pp. 1–8.

KIRTISINGHE, P., 1934. *Gloiopotes watsoni* n. sp. and *Lernaeenicus seeri* n. sp., parasitic Copepods of Fish from Ceylon. Parasitol., Vol. 26, pp. 167–175.

———, 1950. Parasitic Copepods of Fish from Ceylon III. Ibid., Vol. 40, pp. 77–86.

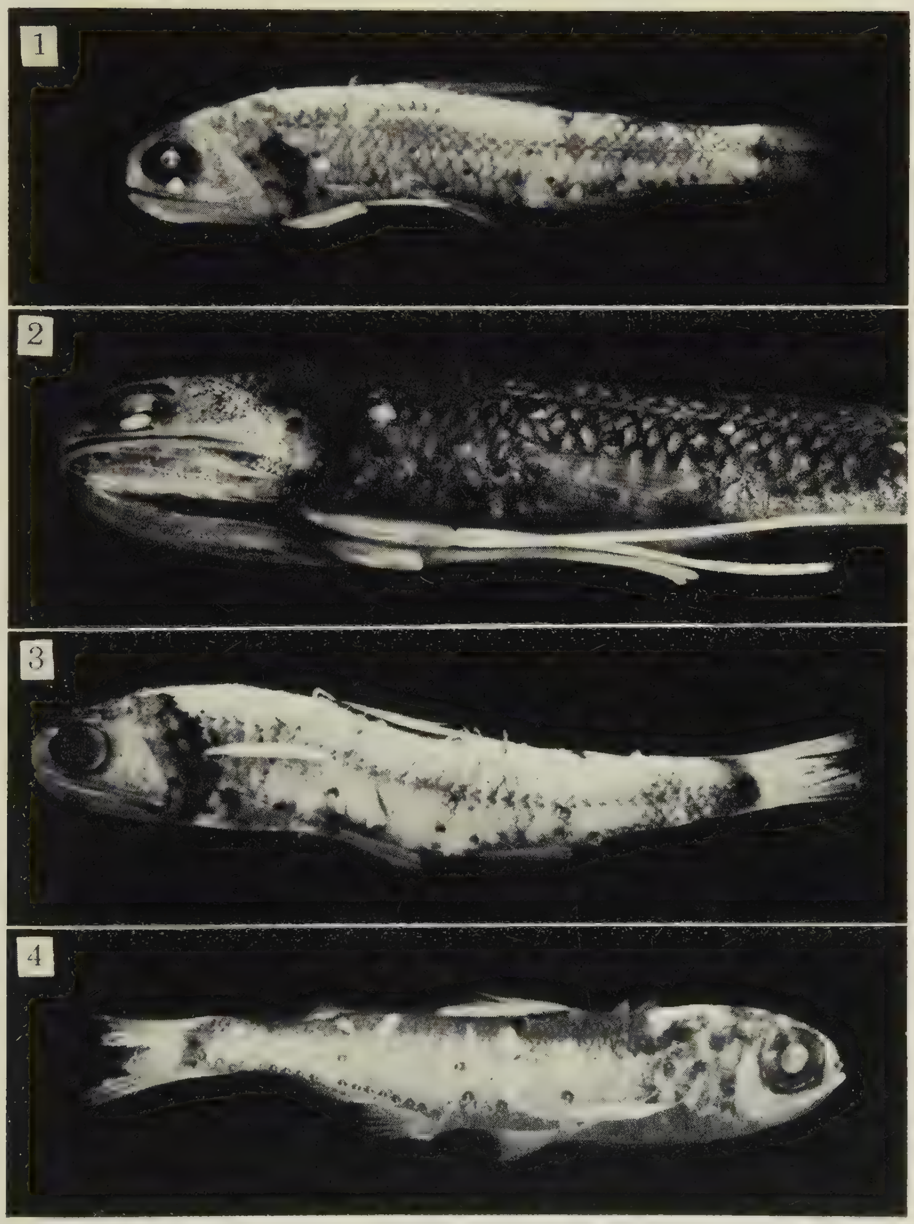
———, 1956. Parasitic Copepods of Fish from Ceylon IV. Ibid., Vol. 46, pp. 14–21.

LEIGH-SHARPE, W., 1934. The Copepoda of the Siboga Expedition, Pt. II. Commensal and Parasitic Copepoda. Siboga-Exped., 29 b, 42 pp.

SCHUURMANS-STEKHOVEN, Jr., J. H., 1937. Crustacea Parasitica (Résult. Scient. Navire Ecole Bélge Mércator). Mém. Inst. R. Sc. N. B., 2° Sér., Fasc. 9, pp. 11–24, 1 Pl.

WILSON, C. B., 1908. North American Parasitic Copepods: A List of those found upon the Fishes of the Pacific Coast, with Descriptions of New Genera and Species. Proc. U. S. Nat. Mus., Vol. 35, pp. 431–481, Pls. 66–83.

———, 1917. North American Parasitic Copepods belonging to the Lernaeidae with a Revision of the Entire Family. Ibid., Vol. 53, pp. 1–150, Pls. 1–21.


1
2
3
4

Explanation of Plate IV

Fig. 1. *Diaphus glandulifer* GILBERT infected by *Cardiodectes medusaeus* (WILSON). ×1.4.

Fig. 2. Same infected by two females of *Cardiodectes medusaeus* (WILSON). ×2.4.

Fig. 3. *Diaphus glandulifer* GILBERT infected by *Cardiodectes cristatus* sp. nov. ×1.

Fig. 4. *Dasiscopelus asper* (RICHARDSON) infected by *Cardiodectes longicervicus* sp. nov. ×1.4.

2
1
3
4
5
6

Explanation of Plate V

Fig. 1. A part of the body of *Epinepherus akaara* T. et S. showing the infection of *Lernaeenicus ramosus* KIRTISINGHE. ×3.2.

Fig. 2. *Apogon lineatus* T. et S. infected by *Lernaeenicus ater* sp. nov. ×0.85.

Fig. 3. *Zalanthias azumanus* JORDAN et RICHARDSON infected by *Creopelates floridus* gen. et sp. nov. ×1.3.

Fig. 4. *Pslyspinus spinosus* GÜNTHER infected by *Ophiolernaea longiceps* gen. et sp. nov. ×1.3.

Fig. 5. *Ophiolernaea longiceps* removed from the host. ×2.4.

Fig. 6. *Pslyspinus spinosus* GÜNTHER infected by *Ophiolernaea longiceps*, with abdominal cavity cut open to show the entangled mass of viscera and the proboscis of parasite. ×3.8.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

On the Sweet Taste Sensation

JIHEI KONISHI
Laboratory of Physiology and Ecology, Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie

This report is concerned with the sweet taste sensation evoked by the application of two chemical substances of no sweet taste in themselves, one makes inhibition of the sensation, the other removes the former substance, with two steps to tongue successively. The results so far obtained may offer a key to the elucidation about the primary mechanism of sweet sensation and suggest the possibility of presence of certain substances relating to the initiation of sweet taste, located on or near the surface of the receptor.

After several minutes after the application and spitting out of heavy metal salt solution, in most case, hydrogen sulphide gas washed by water was tasted by anterior region of tongue. Sweet teste is evoked as soon as the latter is applied and keeps its effect for several minutes by repeating the application of gas. The exercised heavy metal salts used are copper sulphate, cupric acetate, zinc sulphate, mercuric chloride, silver nitrate, cadmium sulphate, cobalt chloride, neutral lead acetate and alkaline lead acetate. A sweet taste initiates slightly when minute hydrogen sulphide gas is given 1 to 2 min. after spitting out of 10^{-2} M copper sulphate and becomes much stronger after about 4 min. The minimal concentration of copper sulphate which can initiate the sensation is about 10^{-3} M. 10^{-2} M cupric acetate have the same or fairly stronger effect than copper sulphate. The sensation by the highly concentrated hydrogen sulphide gas is more effective and is given rise immediately or about 30 seconds after the treatment with copper salt solution. The high concentration of copper salt, however, prolongs the time required to initiate the sensation. Zinc sulphate as stronger as copper salt causes sweet sensation by hydrogen sulphide gas treatment. The time necessary to initiate the sensation by 0.1% mecuric chloride is much longer, about 5–10 min., as compared with copper and zinc salt. The sensation caused by silver nitrate is quite different, that of 2×10^{-3} M can not be tasted as sweet by hydrogen sulphide, independently with concentration of salt solution. Silver nitrate itself is tasted as bitter, but the post-treatment of hydrogen sulphide gas removes at once the bitter sense. This fact may be due to the formation of insoluble sulphide. On the other hand, cadmium sulphate and cobalt chloride do not give rise to any sweet sensations by hydrogen sulphide under any circumstances.

It was, in addition, found that a number of heavy metal ions have the

property of temporarily diminishing or even obliterating sweet taste, as gimnemic acid blocks the same sense; a similar action of chrominum nitrate have already been found by Herlitzka. For example, the treatment of 10^{-2} M silver nitrate solution to the tongue causes completely block of sweet sensation, and sugar is tasted as non-taste sand-like substance for the duration of several minutes. These phenomena can also be caused by copper salts. The occasions of sweet taste of lead acetate can not be ascertained at present, but it is found that the repeated tasting completely blocks the sweet taste of itself as different in case of sugar, and the pre-treatment of silver nitrate or copper sulphate temporarily obliterates sweet taste of lead acetate.

It is a well-known evidence that the narcotic such as cocaine was capable of completely abolishing all taste. In general, the action of heavy metals is similar to that of narcotic and seems capable of blocking the active groups of the cell plasma membrane as effectively as narcotic. Moreover, it is known that heavy metals are especially effective in inhibiting enzymecatalyzed reactions and also that the colloidal state and permeability in cell surface is changed by the adsorption of a minute trace of heavy metal ion. These actions generally involve the formation of an unionised complex of heavy metal ions with ionogenic groups at the cell surface.

Taking these facts into consideration, I suggest the following tentative hypothesis to explain the relation of the heavy metal action to the mechanism of sweet taste sensation. It seems to possible that the heavy metals act by combining with the reactive groups of the proteins and lipoids composing the cell surface of the receptor when they are applied to the tongue, to give some sort of non-ionic compounds. The type of ionogenic groups which I may particularly consider as likely to be involved are phosphate, carboxyl and especially soluble and fixed sulfhydryl. It seems therefore quite probably that the inhibitory or diminishing effect in the process of sweet taste sensation in the receptor seems to be the result of changes of state in the surface layer of cell membrane, and if so, this can be thought as an initial process which ultimately lead to the excitation of the receptor by the treatment of hydrogen sulphide gas. It would, therefore, be suggested that the removal of heavy metal ion by the treatment of hydrogen sulphide may bring forth a reversal of inhibition of the sweet sensation process in the recepter even in a minute degree and a post-inhibitory excitation of sweet sensation process. As I can now not exactly demonstrate the interaction taking place in the receptor, it shall be offered as a mere speculation. Silver nitrate causes no sweet sensation by hydrogen sulphide treatment, but clearly gives rise to sweet sensation by the application of sodium thiosulphate solution. This finding suggests that the releasing of silver—receptor substance—complex by the formation of silver thiosulphate would re-activate the sweet sensitive process by the removal

of inhibition. If the above consideration is correct, it will come to the question that the silver thiosulphate and it's double salts themselves are reported taste sweet. A similar phenomenon that the removal of mercuric ion by the treatment of rivanol solution initiates a sweet sensation seems to clearly indicates the propriety of the above consideration.

These phemomena are influenced by the pH of saliva, and both of acidity and alkalinity make the prolongation of the time which initiate a sweet sensation. It is a common fact that the complex formation is affected by pH in medium.

It is impossible at present to know exactly what substances or groups in the surface of the receptor are blocked by the heavy metals. But the author will suggest that the highly responsible sulphydryl groups to heavy metal ion might be the most probable substance relating to these sensations. The highly amount of free and fixed sulfhydryl groups are localized in the epithelium lining the tongue of a rat which can taste the sweetness, but can be scarecely found in the frog which does not seem to possess any "sweet" fibers. It is not a surprising matter that cobalt and cadmium do not show a similar effect, since the effectiveness of heavy metal varies greatly.

The author's many and hearty thanks are due to Prof. N. Y. Kawamoto for his helpful criticism and advices.

References

BARADI, A. F. and BOURNE, G. H., 1951. Science, **113**, 660.

——— and ———, 1951. Nature, **168**, 977.

BARRON, E. S. G., 1951. Adv. Enzymol., **11**, 201.

DETHIER, V. G., 1956. Chemoreceptor Mechanisms. Molec. Struct. Func. Activ. Nerve Cells.

HANAOKA, T., 1955. Gendai Seirigaku, **5**, 67. Tokyo, Kawade Shobô. (in Japanese)

HERLITZKA, A., 1909. Arch. Fisiol., **7**, 557.

HIRADE, J., 1952. Nisshin Igaku, **39**, 394. (in Japanese)

———, 1952. Nisshin Igaku, **39**, 447. (in Japanese)

MONCRIEFF, R. W., 1951. The Chemical Senses. London, Leonard Hill.

PARKER, G. H., 1922. Smell, Taste, and Allied Senses in the Vertebrates. Philadelphia and London, J. B. Lippincott Company.

SHIMIZU, M., 1957. J. Physiol. Soc. Jap., **19**, 254. (in Japanese)

———, 1957. J. Physiol. Soc. Jap., **19**, 491. (in Japanese)

SHIMIZU, M. and HANAOKA, T., 1956. J. Physiol. Soc. Jap., **18**, 852. (in Japanese)

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

魚類生理学から見た淡水養殖 I.

養魚池に於ける魚類排泄窒素の魚類成長に及ぼす影響に就て*

川　本　信　之
三重県立大学水産学部

Fresh Water Fish Culture from the Physiological Point of View—I.

Influences of Ammonia Nitorogen excreted by Fishes on their Growth in the Culture Ponds

Nobu Yuki KAWAMOTO
Faculty of Fisheries, Mie Prefectural University

Résumé

It is natural that fishes should always produce excretory substances in the water as well as they eat food, but the studies on the influences of such substances on fishes in the farm have not sufficiently been made in spite of many studies being carried out on the nutrition of fishes.

Because the present writer found that the productivity in the intensive carp farm might be disturbed by their excretory products such as nitrogen in ammonia and phosphorus in phosphate etc.(1957), he began to research the influence of those substances especially of nitrogen on the growth of fishes in order to assertain the above fact.

He and his co-worker (1957) chemically analyzed waters quantitatively in which fishes were reared, and confirmed that the fishes are excreting a large amount of ammonia nitrogen and others as the excretory products. He also made sure that such nitrogen is coming out of the mud at the bottom of ponds up into the water. Being mixed together, such nitrogen is effecting on the fishes in the farm.

In the case of many ponds arranged throuth a stream, the nitrogen in the water is influencing on fishes, and the more the ponds are situated on the down stream, the more the nitrogen increases. So the fishes in those ponds are influenced more strongly than those in the up stream.

While, in the stagnant water ponds the situation is different, for phytoplankton is propagating and it is doing carbon-assimilation under the sun-light. The nitrogen is absorbed by the plankton at the time of assimilation, therefore it disappears or at least decreases very much in the daytime, but increases in the night by the absence of light energy. Then, it was found that the fishes in those ponds are being influenced by nitrogen only in the night.

Brockway (1950) reported that the products of metabolism of fishes were effecting on their growth, and when the amount of nitrogen attained to 0.3 p.p.m. in the water, trout received damage by the depression of oxygen affinity in the blood.

By the present writer's studies of repeated measurements in the farms and determinations in the laboratory such ammonia nitrogen was found also to be disturbing largely the growth of fishes in the ponds, and it was influencing on the

* 本研究は文部省科学研究費の援助による。

growth of fishes all day long in the running water ponds, but only in the night in the stagnant water ponds.

But his experiment on carps indicated that nitrogen effects on them remarkably when attained to be amount of 1.2 p.p.m. As might be supposed, the danger from the effects of accumulated metabolic products such as ammonia nitrogen is greatest during the summer, when the water temperature is highest. The danger also increases when the ponds are being operated in series as mentioned above. Here the ammonia and others are being carried down from one pond to another, and higher concentrations are found in the lower ponds. Therefore, the fish-culturists must arrange ponds so as not to be damaged by the accumulation of the metabolic products of fishes, and must make any devices for removing such materials from the water in which fishes are reared.

目　次

緒　言 …… 105
実験方法及び材料 …… 106
実験結果 …… 106
第1章　魚類の排泄物 …… 106
第1節　ニジマス排泄物の定性分析 …… 106
第2節　ニジマス排泄物の定量分析 …… 107
第3節　流水池に於けるコイの排泄物 108
第2章　池底より浸出するアンモニア窒素 …… 108
第3章　水中アンモニア窒素と植物性プランクトンの炭酸同化作用 …… 109
第4章　水中アンモニア窒素の魚類成長に及ぼす影響 …… 112
第1節　コイの流水養魚池の生産量 …… 112
第2節　コイの止水池に於ける成長率 113
第5章　コイの成長に対するアンモニア窒素の影響 …… 115
考察・結論・摘要・引用文献 …… 116

緒　言

魚類は常に餌料を要求摂取すると同時に排泄物を絶えず出している事は，今更ここに述べるまでもなく生理的の事実である。然るに従来養魚餌料に対しては多くの研究が行われ，且つ種々論義されているが，其の排泄物に対する研究は極めあ少なく，これが魚類に対する影響を論じたり，之に対する対策を考慮した論文は洵に稀である。

Gerking, S.D. (1955) は Sunfish を材料として，夫等の排泄物特に尿窒素の研究を行い，魚類の排泄尿窒素量は，両棲類のそれと比較して2乃至3倍量多い事を報告し，又 Brockway, D.B. (1950) はマスの排泄物の研究に於て，アンモニア，尿素，アミン，酸化アミンは主として鰓を通して，クレアチン，クレアチニン，尿酸等は尿として排泄せられ，しかも水中にそれ等アンモニア窒素が 0.3 p.p.m に達すれば，マスの血液の酸素摂取力が減少し，水中には充分なる酸素が含有されているにもかかわらず，窒息死を来すと述べている。

即ち尿窒素の水中に於ける存在は魚の成長に障碍を及ぼすわけである。特に Iview, V. S. (1935) は明かに魚類排泄物の有害作用にいつて証明した。即ち魚類排泄物の魚類に対する影響に関しては，其の餌料の研究が必要であると同様に，極めて緊要なものであると信ぜられる。

我国に於て，かかる点に注目し研究を行つた論文は極めて少ない。

筆者は 1956 年群馬県板鼻にある集約的養鯉池の研究に於て，其の生産量は魚類排泄物の影響により阻害せられる事実を指摘した。

此の事実が水産増殖上極めて重要であると同時に魚類生理学上又興味深いものとして爾

来研究を進め，ここに第1報を報告する次第である。

本研究に当り，ニジマスに就ては長野県水産指導所長谷崎正生氏，其の排泄物の分析は信州大学医学部の藤村紫郎教授，板鼻の集約的流水養鯉池の研究には内水面研究所上田支所長中村一雄氏外数氏等に多大の御援助を得た。又三重県水産試験場伊勢湾分場に於けるコイの養魚密度の研究には前場長井上義雄氏，現場長宮村武光氏，中西捨吉技師等の協力を得た。池底土質に就ては山崎伝博士の懇篤なる指導を受けた。ここに以上諸氏に対し深く感謝の意を表す。尚実験室に於ける測定には当教室の東浦文子氏の助力に感謝する。

実験方法及び材料

魚類の排泄物の化学的調査は主として長野県明科の水産指導所の提供によるニジマスと板鼻の集約的流水養鯉池の池水及び，当県伊勢湾分場に於けるコンクリート養魚池の水等を用いた。ニジマスに就ては，30 *l* 及び 90 *l* の木製水槽中に体重にて 20 %，即ち 6 kg 及び 18 kg の魚を入れ，空気泡を加えて，酸素不足を補いつつ水中の化学的定性及び定量を行つた。此の割合及び状態は右指導所の活魚輸送車に於ける状態に等しくしたものである。

上記伊勢湾分場に於けるコイの研究に於ては約1坪，2坪及び4坪のコンクリート養魚池各2面を用意し，水道水を以て水深を一様に 30 cm とし，各2面の池にはほぼ同大のコイの稚魚を数に於て各々1:2の割にし，且つ異つた面積の3種の池の放養数は夫々の面積の割合に応じて放養し，かくしてコイの養殖に於ける面積の影響と養魚密度の関係による魚の成長度を調査し，池水の分析にまで及んだものである。

此の際池中鯉魚の総体重量の 10 分の1の綜合餌料を毎日一様に与えて飼育し，其の他の条件は皆一同であつた。

以上の測定結果を実験的に確めるためには当研究室に於て，ガラス水槽にコイ又はキンギョを飼育し諸種実験をなし，水質の化学分析をも行つた。

池底より浸出する化学物質の研究には文部省の科学研究費により作られた 2 m 四方のコンクリートタイル張 A，B 2池に於て行つた。A は 2/3 m の深さ，Bは 1 m の深さとし，B には畑土を乾燥後，篩にかけて 1/3m の高さに入れ，共に 1/3 m の深度にまで水道水を充したものである。両池には雨等の混入を防ぐために滑車付可動屋根を設けた。従つて日光の直射もなく，藻類の繁茂も少く其の影響を顧ることなく，底土よりの浸出物としてのアンモニア窒素を測定し得た。

池水の透明度は中村中六博士の工夫せられた直径 5 cm の陶磁板を用いた。

実　験　結　果

第1章　魚類の排泄物

上述の通りニジマスに就ては，活魚輸送車内の状態に等しくして，其の排泄物の化学的定性及び定量を行つたもので，Gerking (1955) もいうように，アンモニアは空気泡注加により，発散し易き故，実際は次に示す値より以上の結果であつたと思推する。

第1節　ニジマス排泄物の定性分析

此の定性の結果を Table 1 に見るに，蛋白質，尿素，アンモニア等がニジマスの排泄物として，水中に出される事が知られる。

Table 1. Qualitative analysis of the polluted waters in which rainbow trouts were kept.

Experiments	Control water	Test water
pH	6.4	6.8–7.0
Color reaction of amino acids and proteins		
Ninhydrin reaction	–	+
Millon's 〃	–	–
Heller's 〃	–	–
PbS 〃	–	–
Sakaguchi's 〃	+?	+?
Molisch 〃	–	–
Biuret 〃	–	–
Precipitation reactions of proteins		
Trichlor acetic acid	–	–
Sulphosalicylic acid	–	–
Meta phosphoric acid	–	–
Almin	–	–
Boiling test	–	–
Picric acid	–	–
Reducing reaction		
Fehling's test	–	–
Trommer	–	–
Benedict	–	–
Nessler's reagent	–	+
Xanthydrol (*Urea*)	–	(trace)
Na ClO (*Urea*)	–	(trace)
Jodoform reaction	–	±?

Table 2. Quantitative analysis of total and ammonia nitrogens in the waters polluted by 18 kg. of trouts which were kept in water 90 *l* aerated with oxygen at 15°C.

No.	Conditions	Total nitorogen mg/d*l*		Ammonia N mg/d*l*		Amino N[1] mg/d*l*	Urea[2] mg/d*l*
		Amount determined	Amount increased	Amount determined	Amount increased		
1	Before introducing fish	0.342	0	0.088	0	0.090	0 ?
2	After introducing fish	—	—	0.388	0.300	—	—
3	2 hrs after	0.762	0.420	0.544	0.456	—	—
4	6 〃 〃	—	—	0.850	0.762	—	—
5	8 〃 〃	1.380	1.038	1.130	1.000	0.090	—
6	10 〃 〃	1.935	1.593	1.320	1.320	—	—
7	12 〃 〃	2,050	1.708	1.660	1.572	—	—
8	13 〃 〃	2.32	1.978	1.640	1.552	—	—
9	13 〃 10 min.	2.32	1.978	1.660	1.572	0.136	0.14

1) Van Slyke's method.　2) Engel's Xanthydrol method.

第2節　ニジマス排泄物の定量分析

次に 90 *l* の水槽中に 18 kg の約 20〜25 cm の体長のニジマスを入れ，気泡を加えつ

つ，時間的に採水し，全窒素，アンモニア窒素，アミノ窒素及び尿素窒素を定量した。其の結果は Table 2 に示す通りである。

此の結果を見ると，アミノ窒素及び尿素窒素は共に頗る少量で，合せて全窒素量の 10 %に過ぎない，然しアンモニア窒素量は全窒素量の大部分を占めている，即ちアンモニア窒素が多量に排泄せられると述べている，Gerking の結果と一致する。

第3節　流水池に於けるコイの排泄物

板鼻に於ける集約的流水養鯉池の研究に於ては，板鼻堰分流沿いに上下に相隣接している2池水の化学定量を行つた。上流にあるのを1号池とし 14 坪6合の面積，すぐ下流にあるものは2号池と称し4坪1合であつて，両池の注水と排水との分析結果は次の表に示す様なものであつた。

Table 3. Physical and chemical data of Pond No. 1 and Pond No. 2 in the intensive carp culture ponds.

Pond No.	Point measured	Water temperature °C	pH	Oxygen content cc/l	Nitrogen in ammonium γ/l	Phosphorus in phophate γ/l
1	Inlet	17.5	8.25 8.20	Surface - 6.99 0.58 m. - 6.99	68.2	4.9
	Outlet	17.5	8.20 8.20	Surface - 6.56 Bottom - 6.49	85.1	4.5
2	Inlet	17.3	9.00	Middle - 6.34	72.8	8.7
	Outlet	18.0	8.25	Middle - 6.13	92.6	11.3

この上流池には 512.2 kg，下流池には 75.4 kg のコイを飼育したもので，下流池即ち第2号池には第1号池の排水と向い岸の他池よりの排水が分流水と共に混りつつ注入されるが，両池の窒素と燐の量が共に注水より排水に多く，且つ第1号池より第2号池に於てそれ等が共に格段と増加している事が判明した。集約的に多量に餌育しているためかくも顕著に排泄物量が現われたものと思われる。

以上の様にニジマスに於てもコイに於ても化学的物質が多量に且つ不断に池水中に，排泄せられつつある事実は，其の中に飼育せられる魚類に何等かの影響を与えるであろう事は当然考えられる処である。筆者は板鼻の養魚池の研究報告（1957：1975）に於て，かかる物質が水中生産量を減少せしめるであろうと指摘した。

第2章　池底より浸出するアンモニア窒素

既述 2m² のコンクリートタイル張り2池に於て A 池は其のまま，B 池には 1/3 m 畑土を入れ水道水を両池とも 1/3 m の深さに入れ，魚を放養せず両池水のアンモニア窒素量の変化を比較した。此の池は水中資源の基礎的研究のために作り，稚魚を飼育していたのであるが，止水のため次第に死亡したので，水を除き2ヶ年程放置しておいたものである。水分無く半乾燥状態のB池底土を調べた処，表面約 1cm は赤褐色を呈していた，(a)土と称した，此の表層の処々に特に不規則に盛り上つた部分が見られた，環虫類の排泄土の積つたものである，これを(b)土と称した。此の赤褐色層の下はやや紺色を呈した黒色

泥土で 15 cm 位下層には *Limnodrilus sp.* が多く棲息している層が見られた。この紺黒色土層を (c) と名づけ各々の泥土をキエルダール法によつて分析して次表の様な結果を得た(Table 4 参照)。赤褐色土は第二鉄，紺黒色土は第一鉄化合物である事はここに述べるまでもない。

最初畑土中の総窒素は 0.128%であつたが，コイ稚魚を飼育し，死亡し，放置，排水して 2 ケ年を経過した結果，(a)，(b) 及び (c) と異つた泥土層が生じたもので，生物の死体，バクテリアの繁殖，分解，環虫類の増殖等によりかく三層に変化したものであろうが，

Table 4. Total nitrogen in the three layers (a), (b) and (c) of mud at the bottom of pond B. (averaged 4–16 data)

mud	Total nitrogen content in the dry matters	Remarks
mud	0.128 %	New soil
a – mud	0.167	
b – mud	0.120	After 2 years
c – mud	0.111	

総窒素量も亦表示せられる通り三層共変化している事が明らかとなつた。そこで 1956 年 2 月 20 日に両池に新に水道水を 1/3 m 水深に入れて，時間の経過に従つて窒素の測定を行つた。A 及 B 池共上述の通り可動屋根を備えて直射日光を防いだ為め本測定中藻類の繁殖は殆んど見られなかつた結果は Table 5 に示す通りである。

Table 5. Showing change of nitrogen contents in the waters of ponds A and B in the different durations of time, at the bottom of the pond B mud was paved in the height of 1/3 m, while nothing was covered in the pond A. (Feb. 1956)

Date	pH and N	Water A-pond	Water B-Pond	Remarks
1956 II. 20	pH	7.00	7.03	Quinhydron method
〃	NH_3-N mg/d*l*	0	0.037	Nessler's method
II, 28	NH_3-N mg/d*l*	0	0.077	Nesseler's method
〃	Total-N mg/d*l*	0	0.077	Kjeldahl method
X, 20	Total-N mg/d*l*	0	0.088	Kjeldahl method

此の表が示す通り最初水道水を入れた故，勿論窒素の含有はなかつた。従つてタイル張で光線を遮断した A 池は 9 ケ月を経過しても全く窒素は測定されなかつた。然し Table 4 に示す様な窒素を含んだ底土の B 池に於ては，水中の窒素が次第に増加して行つた，これは明らかに底土よりの浸出したものであると考えられる。

即ち Table 2，Table 3 の示す様に魚類の排泄物の外に Table 5，B 池の様に底土よりの浸出物が河川に混入して養魚池に影響を与えつつある場合があり得ることは容易に想像せられる処であり，特に下流になれば，なる程其の量は増加してゆく筈である。

第 3 章　水中アンモニア窒素と植物性プランクトンの炭酸同化作用

1956 年 6 月より 12 月まで，当県伊勢湾分場に於てコイの成長に対する，水面積，養魚密度の関係を研究し詳細は既に発表した (1957 年)。即ち面積の異つた 3 種の池各 2 面即

ち A–I, A–II, B–I, B–II, C–I 及び C–II に養魚密度 1:2 の割合にコイの稚魚を放養し，同一条件下に飼育し，魚の成長を測定したものである。飼育1ケ月も経ると6枚の池が一様に植物性プランクトン即ち青粉の発生で青色を呈する様になつた，伊藤隆博士によれば *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Desmidiaceae*, *Diatomaceae* 等の繁殖によるものである。此の池はコイの飼育により，勿論排泄物としてのアンモニア窒素の存在する事を予想して，放養開始後3ケ月，9月 20 日，6枚の池のアンモニア窒素を測定した処，意外にも零又は痕跡であつた。然るに 11 月 13 日再度同様な調査をした結果は，以上に反し可成り多量の窒素の存在があつた事は Table 6 に示す通りである。此の日の全窒素量をキエルダール法で測定した結果は Table 7 に見る通りであつた。

Table 6. Showing variations of ammonia nitrogen contents in the waters in six culture ponds of densities of carp rearing at the rate of 1 : 2.

Date		Culture ponds						Wat. temp. °C
		A–I	A–II	B–I	B–II	C–I	C–II	
1956 Sep. 20	Transparency	2.6	2.2	2.9	2.3	2.8	3.2	
〃	NH_3-N (mg/d*l*)	trace	0	0	trace	0	0	25
Nov. 13	NH_3-N (mg/d*l*)	0.038	0.043	0.100	0.030	0.033	0.038	9

Table 7. Showing total nitrogens in waters in filtrates and in residues in the waters of six ponds.

Pond	Total nitrogen mg/d*l*		
	Wates in 100 cc	Filtrate in d*l*	Residue in d*l*
A I	2.380	0.207	2.173
A II	1.680	0.218	1.462
B I	1.960	0.196	1.764
B II	1.680	0.213	1.467
C I	2.250	0.151	2.099
C II	1.680	0.207	1.473

Table 8. Showing variation of ammonia nitrogen contents in the pond waters in day and night. Sep. 27, 1957

	Pond						Time measured
	A–I	A–II	B–I	B–II	C–I	C–II	
O_2 cc/*l* NH_3-N mg/d*l* Transparency (cm)	10.8 0 35	11.9 0 30	9.35 0 35	12.90 0 30	11.45 trace 35	10.30 trace 35	During 4°0–4°30′ p.m. Sun shining
O_2 cc/*l* NH_3-N mg/d*l* Wat. temp. °C.	9.30 0.012 19.9	9.71 0.024 19.9	7.47 0.025 20.0	8.40 0.016 20.2	8.60 0.011 20.2	8.78 0.092 20.1	0°0′–0°30′ a.m. Dark

Table 6 に於て9月 20 日には窒素を検出し得なかつたのに 11 月 13 日には明瞭に定

量し得た，此の差の原因は恐らく，前者の場合は水温が 25°C であり，後者の場合は 9°C であつた，此の水温差が炭酸同化作用の強弱に影響して，かかる結果となつた事と思推せられる。但し上記実験は共に昼間日光直射する水面よりの供試水を使用したものである。そこで仮令水温が高くとも日光のない夜間に於ては，魚類の排泄する窒素は当然青粉に摂取せられることなく，池水中に残存する筈であるとの想定のもとに，上記 6 枚の池に於て日中と夜間との池水中のアンモニア窒素量の増減を測定して見た (Table 8 参照)。

此の場合窒素の測定はネスラー氏法による比色を以つて行つた故，夜間の測定は正確を幾分欠く点はあるが，兎に角，明らかに窒素は夜間に増加した事を認め得た。不断に排泄せられる魚の尿窒素が，植物性プランクトンの炭酸同化作用を受けなかつたからであると考えられる。

更に本測定を実験的に証明するために実験室に於て次の三実験を行つた。

先づ 30 cm×26 cm×21 cm のガラス水槽 C 及び D を用意し，共に水道水を 3 l 入れ，C 水槽は唯水道水のみで，コイの稚魚 5 尾体重合計 19 g を飼育し，D 水槽には 3 l の水に青粉を加え透明度 4 cm にし，同じくコイ 5 尾体重合計 16.5 g を入れた。10月 30 日 ('56) CD 同時に用意し，11 月 8 日に両水中の窒素を測定した (Table 9 参照)。

Table 9. Variation of amounts of ammoia nitrogen in the waters in which phytoplankton were contained or non. (amount of water 3 liters)

Phytoplankton		Transparency cm	W. temp. °C	No. of fish	Body Weight g	NH_3-N* mg/dl	Total N** mg/dl
Aquaria C	Non	—	17.6	5	19.0	0.08	0.234
Aquaria D	Contained	4	18.1	5	16.5	0.007	2.380

* Nessler's method　　** Kjeldahl method

此の結果を見るに，アンモニア窒素は C が 0.08 mg/dl, D が 0.007 mg/dl と，後者が 10 分の 1 以下である，之れは明かに青粉の存在の結果であると思われ全窒素は D 水槽が断然多いのは青粉の含む窒素であることは明かである。

魚類により排泄せられたアンモニア窒素は日光下に於て炭酸同化作用により消費せられるとすれば，当然日光を遮断した水槽中の水には窒素が増加して来る筈である。これを試みるために次の実験をした。

2 l 容量のガラスビーカー 2 個，E 及び F に等しく青粉を含んだ水を 1 l 入れ，コイ各 1 尾づつ飼育し，一方は其のまま，他方には窒素を吸着するイオン交換樹脂 IR，120 を 10 g 加えて暗室に 45 時間静置した処次の結果を得た。

Table 10. Variation of amounts of ammonia nitrogen in the waters of E and F beakers which contained phytoplankton, and in F ion exchange resin was added to remove nitrogen.

	Transparency (phytoplankton) cm	B.W. of carp. g	W. temp. °C	Ion exch. resin I.R. 120 g	Water cc	NH_3-N mg/dl Beginning	NH_3-N mg/dl After 45 hrs.
Aquaria E	9	18.3	24.5	0	1.000	0.0266	5.74
Aquaria F	9	22.9	24.5	10	1.000	0.0266	0.31

此の表に見る通り，最初はいづれも，0.0266 mg/dl のアンモニア窒素を含有していた

が，45時間暗室にあつたため，炭酸同化作用は阻止され，E水槽に於ては 0.0266 mg/dl が 5.74 mg/dl にと増加し，F ではこれは窒素の増加は 0.31 mg/dl に止まつた，イオン交換樹脂が存在し水中の窒素を吸着した為めと考えられる。此の実験により夜間に於ては池水中アンモニア窒素が増加するという Table 8 の結果を実験的に証明したことと考える。

此れを再度確認するために，3 l の水を入れたガラス水槽に，キンギョ 8 尾，体重計 24.5gm を飼育した。此の水は青粉を含有しており，透明度は 9 cm で，水温は 14.5°～24°C の間であつた。此の水中窒素を測定した後黒布で水槽を完全に覆い，2 日及び 3 日後に其の水中の窒素変化を測定した。其の後暗幕を取り除き 1 日後に再び窒素を定量した，結果は Table 11 に示す通りであつた。

Table 11. Rearing 8 goldfish of 24.5 gms in total weight in 3 liters of water which contains phytoplankton, 9 cm in transparency in the glass aquarium, the variations of ammonia nitrogen contents before and after covering with black cloth were measured.
(Nov. 2–6, '57)

Date	Wat. temp. °C	NH_3-N mg/dl	Time	After measured *N*, the aquarium was
Nov. 2	24.0	0	noon	covered with black cloth at 3° p.m.
〃 4	14.5	0.033	9h a.m.	〃
〃 5	15.0	0.056	9h a.m.	remove black cloth at 9°10′ a.m.
〃 6	19.0	0.028	3h p.m.	〃

本表の結果よりしても Table 8 の事実と一致する。

以上本章の諸実験により，青粉を殆んど含まない，流水養魚池に於ては，炭酸同化作用が行われないで，魚類其の他から排泄せられた窒素は単純に，下流の池になる程増加して行くが，青粉の存在する止水池に於ては，昼間は其の同化作用により窒素は消費され減少又は零になり，夜間同化作用の停止と同時に，増加する。換言すれば，止水養魚池の水中に於ては，昼夜により，窒素の減少と増加とが周期的に繰り返えされている事が明らかとなつた。

第4章　水中アンモニア窒素の魚類成長に及ぼす影響

前章に於て養魚池では，魚類排泄物，特にアンモニア窒素及び燐が水中に増加してゆく事を確めた。

Brockway (1955) は魚類の新陳代謝の結果排泄せられる物質の，魚類に対する悪影響を警告している。本章に於ては右実験の追試を行つた，即ち魚類排泄物としてのアンモニア窒素が養魚池にある魚類に及ぼす影響について測定した結果を報告する。

第1節　コイの流水養魚池の生産量

筆者は上述の通り群馬県板鼻に於ける，コイの集約的養魚池の生産量の研究をなし既に発表した(1957，1958)。其の報告に示すように下流にある 2 号池の水は 1 号池の排水と向い側の他池の排水とを混じた分流水が入るため，断然此の池の方が排泄物が多くなることは Table 3 に示す通りである。此の際の 1 坪に対する流水量，放養量，生産量及び増加率は次表に示す通りであつた。

Table 12. Conditions of pond per tubo (about 2 m²) and shows the rates of increment of body weight of carps during 8 months.

	Volume of water passing 1 tubo	Weight of carp per 1 tube at the beginning	Increment of carp per 1 tubo after 8 months	Rates of increment of weight per 1 tube
Pond 1	24.7 l/sec	35.1 kg.	495.5 kg.	14.12 times
Pond 2	25.1 〃	18.4 〃	360.3 〃	14.16 〃

Table 12 に於て2号池の方が1号池より流水量がわずか乍ら多く，しかも反対に放養量は少く殆んど1号池の2分の1近くである，即ち2号池の方が放養密度は少である。一般に一定水量に対して，放養密度が少い場合，生産量は増加する事は川尻 (1928，1930) の報告によるも明かである。然るに Table 12 によれば，生産量に対する増加率は殆んど両者が等しい値を示している。換言すれば，養魚密度が2号池は小であるのに生産増加の割合が小である事は，異例であり，何等か原因がある可きであると考えられる。而して同様なる飼育法によつて養殖せられたものである故，投餌量の割合は勿論，水温，pH，酸素含有量等，両池共に全く一様であつた。唯既述 Table 3 を見ると排泄物による窒素，並に燐が1号池より2号池の方が遥かに増加している。即ち2号池の生産率の少いのは，排泄物の影響であろうと思考せざるを得ないのである。之れ筆者が先に (1957，1957) に摘指した点である。

第2節　コイの止水池に於ける成長率

伊勢湾分場のコンクリート養魚池に於て1:2の割合の養魚密度により，コイの成長率を測定したことは緒言に述べた通りであり，其の際の6枚の池の面積，放養尾数，放養密度及び飼育割合は次の表に示す通りであつた。

Table 13. Showing pond-areas, the number of fish in the ponds and rate of reared.

Pond		Area		No. reared carp	Density of carp in pond	Rate reared
Division	No.	m²	Tsubo			
A	I	2.36	0.72	24	10.4	1
	II	2.36	0.72	48	20.4	2
B	I	3.22	0.98	30	9.4	1
	II	3.22	0.98	60	18.1	2
C	I	13.41	4.06	120	9.0	1
	II	13.41	4.06	240	18.1	2

此の測定は 1956 年6月 13 日に開始し，12 月 20 日に終つた。此の際のコイの成長率は Table 14 に示す。表中体長，体高及び体重が唯I及びIIの価のみ記載してある。これは本実験の範囲内に於ては A，B 及び C のI及II池各〻のコイの量はいづれも 1:2 の割合であつて，各I及II池の値が夫々よく一致する価となつた結果，総ての実験値を算術平均してIとIIにまとめたものであり，これは要するに本実験に於ては約1坪～4坪までの範囲に於ては，コイの成長は面積と関係がないといい得ることを示すものである。

Table 14. Showing data of growth rates averaged, the results of ponds I and II.

	Date / pond No.	June 13	July 20	Aug. 20	Sept. 20	Oct. 20	Nov. 20	Dec. 20
Body length (cm)	I	2.91	4.21	5.20	6.18	6.93	3.18	7.13
	II	2.80	3.79	4.55	5.43	5.84	6.20	6.29
Body height (cm)	I	0.80	1.23	1.64	1.81	2.24	2.38	2.29
	II	0.73	1.12	1.44	1.71	1.82	2.05	2.02
Body weight (g)	I	0.64	1.94	4.21	6.33	8.83	10.75	10.19
	II	0.66	1.63	2.73	4.41	5.95	7.22	6.67

此の数値を図示すれば Figure 1 の様になる。

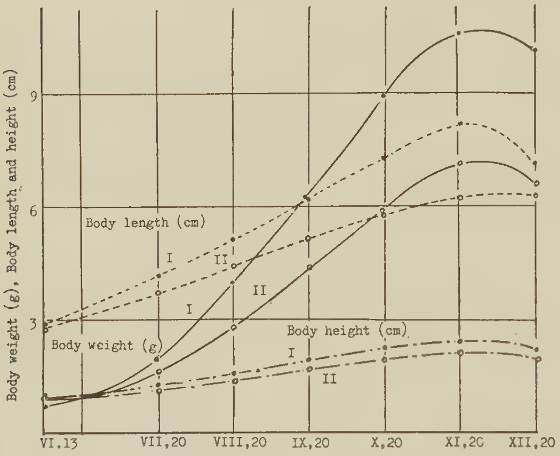


Figure 1. Showing the increment of carps in pond I and II of A, B and C.

以上の表並びに図によれば，A，B 及 C 池に於て体重も体長も亦体高も共に第 I 号池に於けるコイが，第 II 号池にあつたコイよりも成長が大であつたことが知られる，換言すれば養魚密度小なる池の方が，大なるものよりもコイの生産率が大であるという事である。此の現象は上記川尻等（1928，1929，1930，1930）の研究報告と一致する処である。

本実験は使用した池の面積が約 1 坪乃至 4 坪と差があるのみで，一様に同一水道水を用い，水深も皆 30 cm，水中の塩素量，酸素量，水温，気温，pH はいづれも，同一又は同じ割合に変化したものである。日々の餌料の質は一定で，投餌量も放養魚体重の 10 分の 1 量を一定時に与えた（但し水温低下した 11 月より投餌量を減じ，12 月には投餌を停止した）。其の他の条件も 6 池共皆一様であり，唯放養量のみ 1:2 の割合にしたものであつた。扨て然らば放養密度小なる I 号池の成長はよく，大なる II 号池の成長は少い，其の原因は何であろうか，従来の諸研究は此の点の追求が全く見られなかつた。

ここで，Figure 1 に示す成長が平常のものであるか如何を吟味する必要を考え，動物の成長曲線に普通適要される Logistic curve

$$y = \frac{L}{1 + e^{a-bx}} \qquad (b > 0)$$

の式を Table 14 の結果による体重 I，II の数値を当てはめて計算して見た処，次の恒数により，此の式が成立し之等コイの成長は平常のものであることを知つた。

密度 I の池のコイの体重成長曲線は

$$y = \frac{L}{1 + e^{2.657 - 0.034x}}$$

密度IIの池のコイ体重成長曲線は

$$y = \frac{L}{1 + e^{2 \cdot 227 - 0 \cdot 031x}}$$

即ち両曲線より判断すれば，此の成長曲線は不自然のものでは無く，平常のものであるという事が出来ると考えられる。次に如何にしてIとIIとの差が生じたかに就いて考慮しよう。

上記6枚の池の諸条件は皆一様であつたが，Table 6 及び Table 8 の結果と，Table 9，10，及び 11 の結果とを比較すれば，昼間直射日光の存在に於ては，アンモニア窒素の量は微量か，或は全く無いが，夜間は炭酸同化作用に使用されないために，増加して来る事は認められる。しかも一の例外はあるが Table 7 及び Table 8 によれば，密度大なる池水の方がアンモニア窒素増加量が大である事実よりして，此の影響がコイの成長に関係するものであろうと推察せられ Brockway (1950) の学説に一致する。氏によれば，マスは窒素が 0.3 p.p.m. に達すれば，大なる影響を与えると報告しているが，残念乍ら氏の論文は詳細な実験 data を欠く，従つて本理論を確認するために次の実験を行つた。

第5章　コイの成長に対するアンモニア窒素の影響

本題の目的のためにガラス水槽，約 14 *l* 容量のもの2個 G 及び H を用意した。各に 5 *l* の水道水を入れ，G 水槽は其のまま，H 水槽には NH_4Cl の水溶液を加えて 5 *l* の水に，0.3 p.p.m. のアンモニア窒素が含まれる様にした。

此の各水槽に，次の様なコイの稚魚を各5尾宛入れた。夫等の魚にはビーズ玉を脊鰭の前部に固着せしめ，個体を各々区別し得る様にした (Table 15 参照)。かかるコイを2日又は3日目毎に，水を更新し体重を測定した。かくてG水槽は自己の排泄窒素のみ溜り，H にはそれに加えるに 0.3 p.p.m. の窒素があり，此の窒素の差の影響がコイの体重に及ぼすであろう事を期待した。

本実験は 1958 年3月 12 日に開始し，H 水槽の5尾が死亡した6月 11 日まで 91 日間続行した。

H 水槽の 0.3 p.p.m. の値は Brockway がマスに就いての量であるが，コイでは容易に其の影響が現われなかつたので，58 日目に倍量の 0.6 p.p.m. とし，其の翌日 1.2p.p.m. に更に増量し影響を見守つた。此の結果は Table 16 及び Figure 2 に示す通りである。此の測定期間中体重測定後，餌量として糸ミミズを等量に与えて飼育した。

Table 16 に測定全 data を記載するの繁をさけて，約 10 日間隔の data を列記した。G 及び H 水槽中のコイ体重の平均値を見ると，約3ケ月間に G の魚の平均体重は，最初 2.74 g から 3.13 g に増加し，H の方は 2.80 g から 2.77 g に減少した。即ち G の方が ＋0.39 g に対し，アンモニア窒素を含んだ H の方は －0.03 g であつた。百分率にすれば，G は14.3％増，H は 1.07％減である。以上の結果を見れば NH_4Cl はコイの成長に対して抑制的に作用することが明確に証明されたといい得ると考える。

既述第1章及び第2章の様な原因による窒素等魚類の排泄物が，池水に混入し，流水池では第4章第1節に述べた様に直接魚の成長に影響し，青粉を多量に含んだ池水に於ては同章第2節に示すように，其の炭酸同化作用により，窒素は種々影響せられる，特に夜間は其の作用が停止する故，窒素は増加し，これが又魚に影響し，其の成長を阻止すること

Table 15. To determine the variation of body weight by the influence of ammonia nitrogen in the water, every kinds of colored beads was fixed anterior part of the dorsal fin of carps.

Aquarium	G		H		
Color of beads	Body weight gm.	Body length cm.	Color of beads	B. W. gm.	B. L. cm.
W (white)	2.7	4.8	W	3.5	5.1
G (green)	3.1	4.8	G	2.7	4.7
B (blue)	2.5	4.8	B	2.1	4.3
DB (dark blue)	2.6	4.7	DB	3.0	5.0
R (red)	2.8	4.9	R	2.7	4.70
Average	2.47	4.8		2.80	4.76

Table 16. Five liters of water was put into glass aquaria G and H respectively and in H NH_4Cl solution was added, and then carps shown in Table 15 were reared in them. Variation of body weight of the fish has been measured for 91 days. (To avoid complication, data of about every ten days were shown)

	Days	1st	11th	21st	30th	40th	51st	60th	70th	79th	89th	91st
	Date	III, 12	23	IV, 3	11	21	V, 2	11	21	30	VI, 9	13
G Aquarium	pH		6.25	6.4	6.5	6.5	6.4	6.4	6.4	6.58	6.72	6.70
G Aquarium	Wat. temp.°C		12.0	10.8	12.7	14.0	20.5	19.2	18.5	25.0	25.8	25.9
G Aquarium	W	2.70	2.70	2.70	2.80	2.88	2.98	3.10	3.05	3.00	3.10	3.15
G Aquarium	G	3.10	3.10	3.00	3.17	3.18	3.35	3.55	3.60	3.55	3.50	3.65
G Aquarium	B	2.50	2.55	2.55	2.70	2.69	2.89	2.90	2.80	2.80	2.95	2.70
G Aquarium	DB	2.60	2.65	2.50	2.60	2.65	2.80	3.10	3.10	3.25	3.25	3.35
G Aquarium	R	2.80	2.80	2.70	2.80	2.80	2.90	3.00	2.85	2.95	2.95	2.80
G Aquarium	Average	2.74	2.76	2.69	2.81	2.84	2.98	3.13	3.08	3.11	3.15	3.12
H Aquarium	pH		6.25	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4	6.60	6.50	6.60
H Aquarium	Wat. temp.°C		12.0	10.8	12.4	14.0	20.8	19.2	18.5	27.0	24.8	25.0
H Aquarium	W	3.50	3.30	3.40	3.50	3.55	3.58	2.20	2.15	2.05	2.20	2.20
H Aquarium	G	2.70	2.70	2.60	2.63	2.59	2.65	3.65	3.65	3.55	3.70	3.80
H Aquarium	B	2.10	2.05	1.55	2.08	2.04	2.18	2.60	2.65	2.35	2.30	2.50
H Aquarium	DB	3.00	2.80	2.90	2.97	2.90	3.07	2.65	2.45	2.40	2.70	2.40
H Aquarium	R	2.70	2.45	2.45	2.56	2.46	2.60	3.15	2.85	2.80	2.90	2.95
H Aquarium	Average	2.80	2.66	2.66	2.74	2.71	2.81	2.85	2.75	2.63	2.76	2.77

は明確であるように思う。

考 察

コイの排泄物中にアンモニア窒素や燐の含有せられている事は，第4章第1節，板鼻に

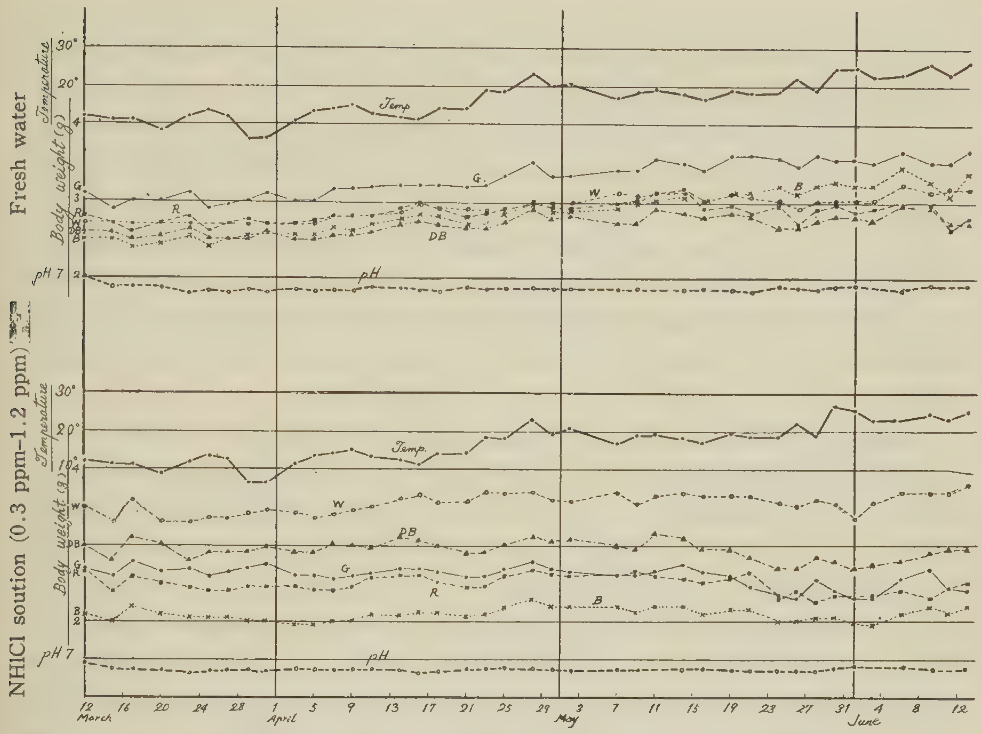


Figure 2. Showing the influence of NH_4Cl solution on the growth of carp.

於ける集約的養鯉池の水質測定結果によつて明である。更にニジマスの排泄物については第1章第 1，第2節に於て其の飼育水中の化学分析により，アンモニア窒素や僅少の尿素等が排泄せられている事が判明した。但し後者の場合，飼育中酸素不足を補う目的を以つて空気泡を加えた為め，発散した部分もあり，実際の排泄量は右の data 以上であると考えられる。従つて両実験共魚の排泄物全量の的確な定量を行つたものではないが，兎に角相当量の化学物質が，不断に水中に排泄せられつつある事は明である。

Brody (1945) によれば，廿日鼠等家畜の排泄せられる窒素量は体重との間に次の式が成り立つという。

$$\log y = -0.0282 + 0.5394 \log x$$

y は1日に排泄する窒素の Milligram 量，x は最初の体重 gm で示す。

Gerking (1955) によれば，以上の式が魚にも当てはめ得ると，即ち 29.7 gm の体重の魚で 5.84mg の窒素を排泄することになる。而してこの排泄窒素量は体重と対数的に変化する傾向は魚類も高等動物と同様であると述べている。但し勿論個体差もあり，魚の取り扱い等や其の餌料の種類等にも影響すると附言している。更に氏は Bluegill は 7 mg N/kg cal. 排泄し，此の量は恒温動物の排泄窒素量の3倍半にも当る程大量であり，かかる事実は恒温動物と変温動物との蛋白質代謝の根本的な差であると報告している。魚類はかかる多量の排泄物を不断に水中に出しつつあるのみならず，第2章に述べた様に，底泥からの浸出も考えられるし，此の外有機物の分解や降雨により地表に流れた水が運び来る諸窒素等の化学物質が，養殖用水に混入することも有り得る。これが効及び罪について養魚

家は大いに意を注ぐ可き問題であると考える。

特に BROCKWAY (1950) によれば，マスに於てはアンモニア窒素が 0.3 p.p.m. に増加した場合魚に大きな被害を与えると強調している。

我国に於ける水中窒素の研究としては，稲葉，清石(1942)が養鰻池に於ける底質の性状を調べ，底土中の全窒素量と其の池の生産量について論じ，吉村(1941)は湖沼の貧栄養型，富栄養型は其の水中に溶解する窒素等の多少等によつて決められるとし，西条 (1956) 及び宝月，北沢，倉石，白石，市村(1952)も亦湖沼水中の窒素含有量と生物の生産量との詳細な関係を述べている。更に梶川(1958)は養殖用水に底土からの成分の溶出について論じている。之等の諸研究は一様に池中又は湖沼中の窒素の含有量により水中栄養分が左右せられる事を論じたものであつて，窒素自体が，直接魚体に如何に影響し，ひいては其の池の生産量にと言及したものは無い。

これ我国の淡水養魚は従来多くは，止水養魚であり，青粉の存在する池が多く，ために左程排泄物窒素の影響を痛切に感じなかつた事が一因の様に思われる。何となれば，第3章に於て，青粉の炭酸同化作用が，水中に存在するアンモニア体窒素を摂取し，養魚に被害を与えるというよりも，むしろ反対に益を与えていた為めであろうと考察せられる。即ち Table 6，8，9，10 及び 11 の諸測定結果は，皆魚類の排泄物としての窒素は青粉の存在に於て吸収せられ，特に水温高く，日光の強い場合に炭酸同化作用が活発であり，吸収力が旺盛で，水温低下と共に其の力は弱まり，水中に余分の窒素が残る (Table 6 参照) 特に夜間に於ては全く同化作用を欠く故に，窒素は水中に増加する事が Table 7 の結果で明にされ又実験室でガラス水槽中でも同様の事が証明せられた(Table 9～11)。RYTHER (1954) も亦此の事に論及し，緑藻類が，水中アンモニア窒素を摂取する事を報告している。以上の諸結果を綜合して，窒素の養魚に対する影響は次の様に分類せられる。

(1) 流水養魚池に於ては植物性プランクトン少く，僅かに池壁底に藻類の存在を見るのみ従つて，炭酸同化作用極めて少く，昼夜を問わず，常に上流より流れ来るアンモニア窒素の影響を魚類は受けることが多い。

(2) 止水養魚池に於ては緑藻類等青粉が多量に発生するため，飼育魚類より排泄せられるアンモニア窒素は昼間は日光による炭酸同化作用の為め消費せられ零又は極めて少く，夜間に於てのみ吸収せられざる窒素が魚類に影響を与える。

以上二つの場合いずれにせよ窒素が，魚類に影響を与え，従つて第4章に記述した通り，密度大なる池は其の影響を大きく受け，ために魚類の成育は抑制せられると結論し得る。第5章に於て実験した結果によつても，コイの成長に対して抑制的にアンモニア窒素が作用することは明であり，此の点 BROCKWAY の説と全く一致する。但し氏はマスの場合 0.3 p.p.m において大きく被害を与えると述べているが，コイの稚魚においては 0.3 p.p.m の NH_4Cl 溶液中で飼育した，H 水槽中のもの (Table 16 参照) が最初平均，総体重 2.80 g が約 60 日間の経過で 2.85 g と 0.05 g の増加を示したが，その後約 30 日間に 1.2 p.p.m 溶液中で総体重 2.85 g が 2.77 gm に減少した。この事実から，コイは 0.3 p.p.m では左程の影響は受けなかつた事がわかる。換言すれば，マスよりコイの方が水中窒素に対して抵抗力が強いといい得よう。

BROCKWAY によれば，水中窒素が魚類に影響するのは，窒素が血液に入り酸素の摂取力を減少せしめるため，仮令水中に多くの酸素が含有せられたとしても，充分酸素を体内に

配布し得ず窒息死を呈するという。

筆者はこの点にまで研究は至つていないが，Krogh及び Leitch (1934) の酸素解離曲線の研究によれば，コイは t_u…2～3mmHg，t_l…10 mmHg であり，マスは t_u…11mm Hg，t_l…30～40 mmHg である，従つて僅かのアンモニア窒素が血液に影響しても，マスの場合は値は大きく移動し，従つて血液の酸素摂取力は大きく低下し，水中に酸素が充分あつても容易に窒息状態になる事は考えられる。

従つて Brockway の説も納得し得ると同時にコイの抵抗力はマスより強い意味も理解出来るわけである。

本問題に就いて筆者は更に追究中である。いずれ後報によつて詳細報告しようと考えている。

結　　論

魚類が水中で生活し，新陳代謝を行つている間は，摂餌と共に水中に排泄物を出す事は当然の事であり，これが，魚の成長に影響する事が少くないとすると，その排泄物の影響を極少にする事が，養魚技術の一になる。

即ち養魚場において，数池を一貫する注水河があるとすれば，下流の池になる程多くその被害を受ける，換言すれば生産量が低下するわけである。この事実は第 1 章第 3 節，板鼻の集約的養魚場の第 2 号池の結果を見れば明かである。従つてかかる場合において，何等かの方法を以つて，アンモニア窒素等の排泄物を中和するか，又は他の化合物に変化せしめるかして，害なからしめるか，或いは実際問題としては困難なことであろうが水路を分岐して，各池に常に新鮮な水を注入するかの方法を考慮すべきである。

以上池中における，緑藻類等，Plankton，即ち青粉の存在は日中，池水の酸素を増加せしめ，有害なる窒素を吸収除去し，魚類に対してビタミン源と植物蛋白源となる。更に又水温の調節等々その効用は少からざるものがあるが，本研究によれば，アンモニア窒素の除去により養魚池の魚の成長は顕著に増加する事実からすれば，何等かの方法によりアンモニア除去とあわせて上記青粉の効用の諸点を他の方法によつて行い得たとすれば，養魚成績の増大は著しいと推察せられるものである。更に養魚池における早暁の鼻上げも，緑藻類の夜間の呼吸による酸素の減少と，窒素の影響による魚の酸素摂取力の低下等が，皆解消し得べきであると信ぜられる。

尚第 4 章第 2 節の測定結果により，本研究の範囲においては，1 坪乃至 4 坪の池においては魚の成長は，水面積に影響は殆んど無かつた。

摘　　要

(1)　流水並に止水池における魚類排泄物特にアンモニア窒素の魚類成長に及ぼす影響について研究した。

(2)　魚類排泄物中特にアンモニア窒素は多量に排泄せられ，底土その他よりの窒素と混じ，養魚に影響を与える。

(3)　アンモニア窒素は，魚類の成長抑制に大きく影響を与える事が，養魚池に於ける測定，及びガラス水槽での実験で確証を得た。

(4)　水中アンモニア窒素は青粉の日光による炭酸同化作用により，吸収消費せられる

が，この窒素は夜間は消費せられず，水中に累積増加し，魚類に被害を与える。

(5) 養魚密度大なる池は生産量少く，小なる池は反対に生産量多しとの事実は以前より知られていた事実で，その原因は従来不明であつたが本研究により，これにはアンモニア窒素等の排泄物の存在が大きな原因の一つである事が判明した。

(6) 本実験の範囲内においては，面積1坪乃至4坪の池にあつては魚の成長に面積の影響が無い事が知られた。

(7) 養魚場において数池に対して，一注入川が夫等を一貫している場合は，下流の池程生産量が低いという事は，魚類排泄物に就いて考慮すれば，理解し得るところである。

引用文献

1. Brody, S., 1945: Bioenergetics and growth. New York, Reinhold Publishing Co. (indirectly cited).
2. Brockway, D. R., 1950: Metabolic products and their effects. Prog. Fish-Culturist, 12, 3, 127–129.
3. Gerking, S. D., 1955: Endogenous nitrogen excretion of bluegill sunfish. Physiological Zoölogy, 28, 4, 283–289.
4. 宝月欣二・北沢右三・倉沢秀夫・白石芳一・市村俊美 1952: 内水面の生産及び物質循環に関する基礎的研究（I）水産研究会報，4，41～127.
5. 稲葉 俊・清石礼蔵 1942: 鰻養殖に関する研究。I 養鰻地底質の性状とその改良に関する研究。静岡水試浜松分場.
6. Irving, L., E. C. Black and V. Safford, 1941: The influence of temperature upon the combination of oxygen with the blood of trout. Biol. Bull., 80, 1, 1–17.
7. 川尻 稔，1928: On the studies of the population density of cultured fishes I. Jour. Imp. Fish. Inst., 24, 1, 8–11.
8. 川尻 稔・畑・久三・村井 繁，1929: 放養尾数の多少が鱒の成長減耗産卵孵化に及ぼす影響，水産研究誌，25，11，289–293.
9. 川尻 稔・畑 久三・村井 繁，1930: 鱒類池中養殖試験報告，水試報告，1，1，84–142.
10. 川尻 稔，畑 久三，1935: The influence of population-density on the rate of growth, survival, egg production and hatching in trout culture. Jap. Fish. Inst. Sup. Rept. 2, 6–8.
11. Kawamoto, N. Y., 1955: On the variation of certain factors in the the culture ponds of goldfish, *Carassius auratus* L., in special reference to the effect of aeration into water. Rep. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie, 2, 1, 1–6.
12. ———, 1957: Production during intensive carp culture in Japan. Prog. Fish-Culturist, 19, 1, 26–30.
13. ———, M. Tanizaki, S, Fujimura, and Y. Nakai, 1957: A consideration on live transportation of rainbow trout *Salmo gairdnerii irideus* G. Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie. 2, 3, 429–436.
14. ———, Y. Inouye and S. Nakanishi, 1957: Studies on effect by the pond-aras and the densities of fish in the water upon the growth rate of carp (*Cyprius carpio* L-). Rep. Fac. Fish., Pref. Univ. Mie, 2, 3, 437–447.
15. 川本信之，1957: 集約的養鱒池の養魚生産量について，水産学集成，717–720.
16. 梶川豊明，1958: 内水面の化学的管理について，水産時報，第10巻，第107号.
17. Krogh, A. and J. Leitch, 1934: The respiratory function of the blood in fishes. Jour. Physi., 52, 288–300.
18. Ryther, John H., 1954: The ecology of phytoplankton blooms in Moriches Bay and Great South Bay, Long Island, New York. Biological Bulletin, 106, 2, 198–209.
19. 西条八束，1946: 湖沼における物質代謝の化学的研究。(第1–4報) 日本化学雑誌，77，6，

917–936.

20. WUHRMANN, K., F. ZEHENDER, and H. WORKER, 1947: Über die fischereibiologisch bedentung des ammonium und ammoniakgehelten fliessinder gewasser. Viertiljaheschr naturtassch Ges. Zurich, 29, 198. (indirectly cited)

21. 吉村信吉，1941: 湖沼の科学，p. 208.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October, 30, 1958.

養鰻池の水変りに関する研究

VIII. 津市江戸橋地区の6面の養鰻池における昭和30年中の水変り

伊　藤　　隆・岩　井　寿　夫
(三重県立大学水産学部陸水学教室)

Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

VIII. "Mizukawari" Phenomena Occurred in Six Eel-cluture Ponds near Tsu City, Mie Prefecture in 1955

(*With Figs. 1–20*; *Tables 1–6*)

TAKASHI ITO and TOSHIO IWAI
Liminological Laboratory, Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie

Résumé

The present study is to make clear the "Mizukawari" phenomenon in the eel-culture pond. The observations in the water quality, the plankton, and the feeding activity, surfacing, death and so forth of cultured eel were made every other week from May to the middle of December in 1955, the results of which are as shown in Figs. 3–20. The features of the 36 "Mizukawari" observed in those ponds will be summarized as follows.

1) The period of "Mizukawari": it covers and is limited within May to the end of October, the warmer time of the water temperature of over 17–20°C. And it comes to one with the breeding season of rotifers, especially *Brachionus plicatilis* O.F. MÜLLER.

2) The duration of a "Mizukawari": it is four days at the shortest, and 37 days at the longest, and 14–21 days for the most. It almost coincides with one cycle of the growth of rotifer.

3) The changing order of water color: in a typical "Mizukawari", the changing order of water color of pond water is as follows:

Green → dark greenish brown → yellowish brown → clear.

The fundamental factors of this changing order are both the quantity of phytoplankton and its consumers, rotifer, and the mixed ratio of the two.

4) The transparency of pond water: the transparency of a normal eel-culture pond is usually 10–30 cm for the sake of the remarkable blooms of phytoplankton. But at the time of "Mizukawari", with the conspicuous decrease of phytoplankton, the transparency become abruptly high; when a slight "Mizukawari" it is 40–50 cm, and at a heavy one, it is 60–100 cm.

5) The pH of pond water: in the daytime, the pH of a normal eel-culture pond is usually no less than 9, but at the time of "Mizukawari" it suddenly becomes low, and when a heavy "Mizukawari" pH=7.1–7.4 and at a slight one pH 7.5–7.9.

6) The dissolved oxygen of pond water: it is usually to be observed that for the photosynthesis of phytoplankton the dissolved oxygen will show a remarkable supersaturation. But at the time of "Mizukawari" it suddenly lessens as pH; when a heavy one, it is no more than 1cc/L, and when a slight one, about 2cc/L.

7) The other chemical elements of pond water: the considerable increases of NH_4-N, and PO_4-P in the pond water are to be observed at the time of a heavy „Mizukawari", but when a slight one there can be found no tendency at all. The consumption of $KMnO_4$ decreases with the decrease of phytoplankton at the time of "Mizukawari".

8) The zooplankton: through the culturing season, the dominant species of the zooplankton in the above-mentioned six eel-culture ponds is *Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER, and the subdominant species are *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. quadridetatus*, *Br. urceolaris*, and *Pedalia* (=*Hexarthra*) *fennica*. At most cases of "Mizukawari", rotifers suddenly increase, and the maximum density is 96 individuals /cc.

9) The phytoplankton: the dominant species of the phytoplankthn of the above-mentioned six eel-culture ponds are *Chroococcus dispersus*, *Merismopedia tenuissima* of blue-green algae, both of which belong to a micron-algae. At the time of "Mizukawari", phytoplankton, contrary to the great increase of rotifers, either suddenly decreases or perishes. That decrease is considered to be brought about by the grazing activity of rotifers.

10) The results from the features of the "Mizukawari" at the above-mentioned six open-field ponds do really coincide with those from the series of experimental studies carried in parallel with the former (Ito 1955b, Ito 1956c, Ito and Iwai 1956c, Ito 1957a, Ito and Iwai 1957b). Accordingly it may be understood that the cause of the "Mizukawari" will be the remarkable increase of rotifer, especially *Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER and its devouring grazing activity of micron-algae in the pond water.

I 緒　　論

養鰻池における“水変り”は鰻養殖の最大の障害の1つであり，各種病害と共に業者の最も恐れているものである。水変りの実態に関しては稲葉(1934)，稲葉・清水(1936)，稲葉(1937)，稲葉・山本(1938)，稲葉 (1942) 等があり，最近には稲葉(1955)，伊藤(1955)の報告がある。

稲葉 (1934) は水変りの先駆的研究において，水変り時には輪虫類の *Brachionus pala* が大増殖をするという注目すべき発見をした。稲葉 (1937)，稲葉・山本 (1938) は静岡県浜名湖地方の養鰻池の水変りについて詳細な観測を行い，水質並びにプランクトン相の変化から水変りの実態を明かにし，水変りには殆んど例外なく輪虫類の *Br. pala*，*Br. urceolaris* の異常増殖の随伴することを確認した。伊藤 (1955，1956，1957) は三重県養鰻池の暖期の水変りには，低鹹池では淡水産輪虫類，特に *Br. calyciflorus*，高鹹池では汽水産輪虫類，特に *Br. plicatilis* の異常増殖が見られることを報告した。

水変りの原因に関しては，稲葉 (1937) は池水の栄養塩類の欠乏，有毒性還元物質の底泥からの溶出によつて植物プランクトンが死滅するのが水変りの原因であり，輪虫類の大増殖はその結果と考えた。伊藤 (1955) は植物プランクトンの生物学的特性，季節的遷移等がその急激な減少の1因と考え，松江・平野 (1956) は水中の炭酸の不足が水変りの1誘因になる可能性を考えた。伊藤等 (1955 b,c; 1956，1957 a,b) は一連の実験的研究により，津附近の養鰻池における水変りは，輪虫類の異常増殖とその著しい micron-algae の捕食作用が有力な原因であることを明かにした。

しかし現在まで養鰻池における綜合的長期観測の資料は皆無に近く，従つて植物並びに

動物プランクトンの季節的遷移，水変りの時期，消費者としての動物プランクトンの動きと水変りとの関係についての吾々の知識は極めて貧弱である。本研究は第1・2・3報並びに第5・6・7報の実験的研究と並行し，津附近の養鰻池群における水変りの実態を池水の物理化学的性質，プランクトンの変化，養殖魚の摂餌量，鼻上げ，斃死等の面から綜合的に把握するため，特に輪虫類の動きと水変りとの関係を究明することを主目標として行つたものである。

本研究に対し種々の助言と激励を与えられた本学水産学部長岡田弥一郎教授，並に野外観測に協力された当時の増殖学科学生倉田久昭，田中敬八両君に謝意を表し，また調査に対し種々の便宜を与えられた池の所有者加藤慎太郎・大橋房男・大橋初次郎3氏に感謝します。本研究の1部は昭和 30 年度科学研究助成金によつた。なお本研究の大要は日本水産学会総会（昭 31・4月・東京）で発表した。

II　調査養鰻池の概況

調査は津市江戸橋地区の養鰻池群において行つた (Fig. 1)。これらの池群は志登茂川の

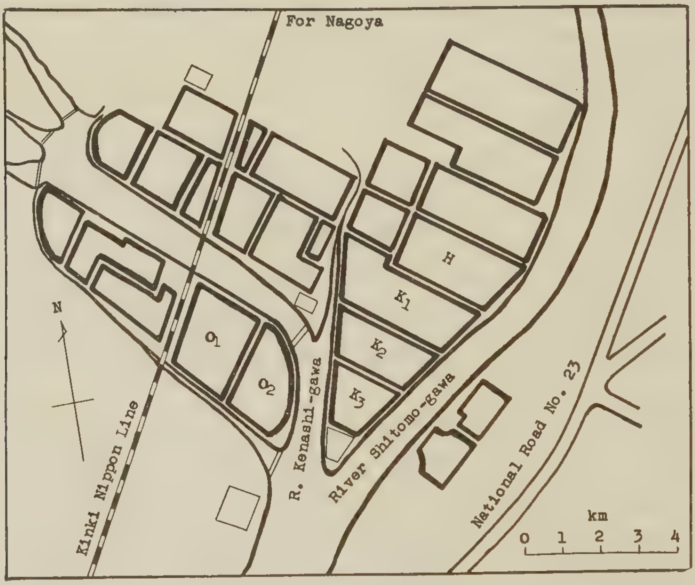


Fig. 1. Map showing the position of the eel-culture ponds near Tsu-City, Mie Prefecture, central Japan. H, K_1, K_2, K_3, O_1 and O_2 show the eel-culture ponds where various surveys were weekly made.

約 2.5 km 上流附近に位し，満潮時には伊勢湾海水が溯上し，約 1～2 m の干満差がある。河水の流量は雨期を除いては少い。この附近に約 22 面の養鰻池があり，周囲は水田である。これらの池群の塩分は三重県においても高鹹の部に属し，すべて α–中鹹性並びに β–中鹹性汽水に属する（伊藤，1955；伊藤，1957）。観測はこれらの中，K_1, K_2, K_3 池（加藤慎太郎氏所有，第1～第3号養鰻池），O_1，O_2 池（大橋房男氏所有，第1～第2号養鰻池），H 池（大橋初次郎氏所有，第3号養鰻池）の6面の池について行つた。K_1, K_2, K_3 池並びに O_1，O_2 池は幅約 1 m の水路で連絡しているが，K, O, H の3群は互に全

く隔離している。源水はすべて横の水路の天然水を用いている。これらの養鰻池の面積，水深，池替，放養量，給餌期は Table 1 に示した。

Table 1

Pond	Area	Max. Depth	Water exchange	Stocked eel		Food supply date
	a.	m.		kg.	date	
K_1	90	1.2	Feb. 1955	863	Feb. 1955	Apr. 1955
K_2	70	1.2	〃	863	〃	〃
K_3	40	1.2	〃	863	〃	〃
O_1	60	1.3	〃	750	Mar.	〃
O_2	70	1.3	Mar. 〃	938	〃	〃
H	100	1.2	Jan. 〃	1500	Feb.	〃

III 調 査 方 法

1) **観 測**.—昭和 30 年5月から 12 月に亘つて行つた。観測間隔は原則として1週間おきとし，水変り時には出来得る限り回数を多くすることに努めた。観測時刻は午前 10 時～12時までの間とし，晴天を選んだ。採水は表層水のみについて行つた[1)]。W.T., pH, 溶存酸素，水色，透明度は現場で，pH は比色法，溶存酸素は Winkler の沃素滴定法[2)]，透明度は直径 15 cm の白色円板の可視限界で示し，水色は主観的であるが，肉眼のみによつた。

2) **水 質**.—表層水約 600 cc をビール瓶に採水し，実験室に持ちかえり，その他の水質要素を分析した。Cl は硝酸銀滴定の常法により，アルカリ度は B.C.P. を指示薬とし，N/100 HCl により (菅原 1942)，$KMnO_4$ 消費量は不沪過水についてアルカリ性法により，NH_4–N は Nessler 試薬，NO_3–N は Diphenylamin 法，NO_2–N は，G.R. 試薬，PO_4–P は Denigés-Atkins 法により夫々分析し (三宅・松居，1943; 吉村，1939)，Fe は吉村 (1939) によつた。

3) **Seston**.—池水中の Seston の定量には2つの方法を用いた (Fig. 2)。第1は現場池水 10 L をプランクトンネット (××10) で沪過しフォルマリンを加え固定した後，沈澱管に移し電動式遠心分離器 (2000 回/分，10 分間) で一旦沈澱させ，更にヘマトクリートによつて同様にして沈澱させ，沈澱容積を読み，池水 1 L 中の cc を算出し，“Net plankton” とした。津附近の養鰻池の植物性プランクトンは後述するように極めて小型のものが量的に多いので，これらはネットの網目を通過し，Net plankton の主部は動物性プランクトンであつたが，しかし *Anabaena* 等の大型のプランクトン植物，餌料の残滓，塵埃等も1部含まれていた。

第2の方法は池水を約 100 cc の酸素瓶に採水し，フォルマリンを加えて固定し，約1週間静置し，micron-algae が完全に沈澱した後，上澄液を捨て，沈澱物を沈澱管に移し，

1) 養鰻池は浅い (1 m 以内) ので，風並に養殖魚の活動等により水は絶えず擾乱し，水質の垂直的成層は全体的に見ると殆んど認められない (伊藤，1955)。

2) 板沢 (1954) によると，この方法はアオコの多い養魚池水については沃素がアオコに吸着されて誤差が大きいという。しかし *Microcystis* が全く見られず，また *Scenedesmus* の少い本調査の池ではこのような顕著な傾向は見られなかつた。

遠心分離し (2000 回/分, 10 分間), 最後にヘマトクリートによつてその沈澱量から池水 1 L 中の cc として算出し, “Centrifuge plankton” とした。これは量的に多い植物性 nannoplankton が主要構成要素になつていた。しかし動物性プランクトンの輪虫類の他に砂泥粒, 塵埃も含まれ, 特に輪虫類の大増殖の影響が大きい。

この 2 つの方法による “Net plankton” と “Centrifuge plankton” の沈澱量とその比 (C–N ratio) を Table 2 に掲げた。

この表から次のことが分る。Centrifuge plankton が Net plankton に比べて著しく多い。特に輪虫類が少く, 植物性プランクトン量の大きい時期に C–N ratio は著しく大きい。5 月には藍藻類の *Chroococcus* がよく繁殖した K_1, K_2, K_3 池では C–N ratio は, 最大で 307～380 倍に達している。また 11 月以降にはこの比はどの池も大きくなる

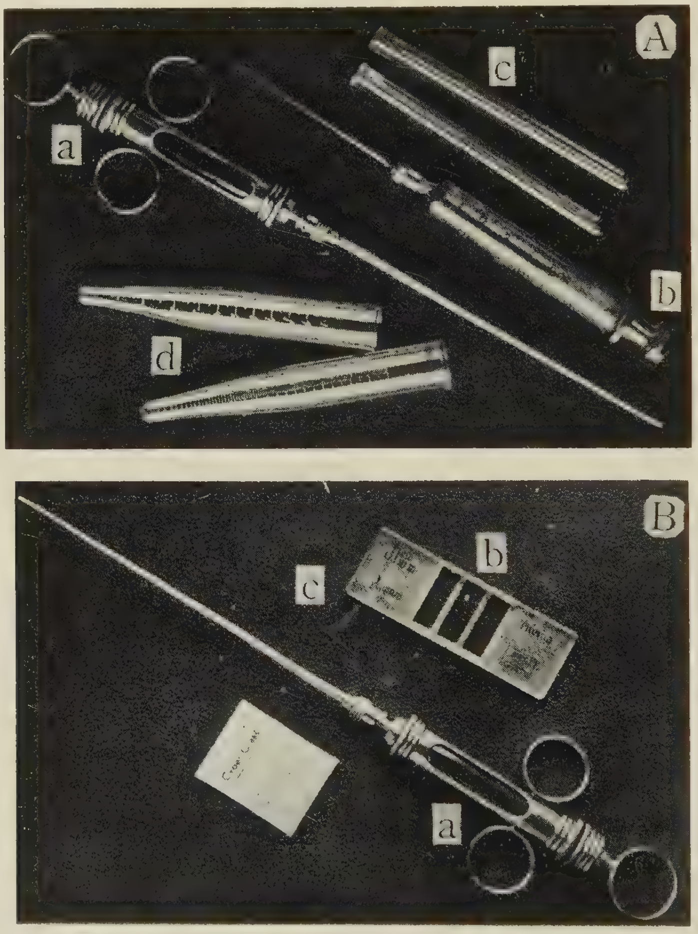


Fig. 2.

A: The volumetric apparatus for “net plankton” and “centrifuge plankton”.
a and b; Pipette c, Haematocrit; d, Spitz glass.

B: The counting apparatus for phytoplankton.
a, Sampling pipette; b, Haemocytometer; c, Cover glass.

Table 2. The comparison between "Net plankton" and "Centrifuge plankton" of six eel-culture ponds in Tsu-city, Mie Prefecture, in 1955.

	1955	May			Jun.				Jul.					Aug.				Sep.			Oct.				Nov.				Dec.	
		14	21	28	4	10	20	27	3	10	17	25	31	8	17	22	29	3	13	19	5	13	21	29	4	12	19	26	2	10
Pond K_1	Net plankton cc/l	0.002	—	0.005	0.054	0.062	—	0.130	0.069	0.016	0.053	0.018	0.044	0.010	0.023	0.013	0.005	0.013	0.003	0.018	0.021	0.013	0.019	0.018	0.035	0.010	0.005	0.004	0.003	0.003
	Centrifuge plan. cc/l	0.785	—	0.560	0.308	0.571	—	0.171	0.555	0.959	0.213	0.142	0.235	0.074	0.139	0.114	0.141	0.130	0.220	0.250	0.128	0.197	0.273	0.294	0.339	0.437	0.211	0.273	0.263	0.220
	C-N ratio	**373.8**	—	119.1	5.7	9.4	—	1.3	8.0	59.9	4.0	7.9	5.3	7.4	6.0	8.8	28.2	10.0	73.3	13.9	6.1	15.2	14.4	16.3	9.7	43.7	42.2	68.3	87.7	73.3
Pond K_2	Net plankton cc/l	0.003	—	0.002	0.005	0.148	0.008	0.140	0.065	0.020	0.039	0.011	0.043	0.022	0.021	—	0.009	0.009	0.003	0.011	0.028	0.011	0.016	0.010	0.011	0.015	0.004	0.004	0.003	0.004
	Centrifuge plan. cc/l	1.013	—	0.759	0.498	0.537	0.236	0.199	0.425	0.719	0.135	0.099	0.080	0.246	0.164	—	0.198	0.217	0.244	0.251	0.195	0.226	0.199	0.238	0.303	0.615	0.271	0.251	0.469	0.552
	C-N ratio	307.0	—	**379.5**	103.8	3.6	30.3	1.4	6.5	35.9	3.5	9.0	1.9	11.2	7.8	—	22.0	24.1	81.3	22.8	7.0	20.5	12.4	23.8	27.5	41.0	67.8	62.8	156.3	138.0
Pond K_3	Net plankton cc/l	0.003	—	0.002	0.003	0.078	0.004	0.098	0.042	0.009	0.067	0.024	0.143	0.044	0.069	0.061	0.007	0.080	0.030	0.058	0.005	0.003	0.019	0.036	0.022	0.007	0.005	0.005	0.005	0.004
	Centrifuge plan. cc/l	0.929	—	0.703	0.466	0.388	0.132	0.089	0.473	0.153	0.378	0.103	0.405	0.179	0.074	1.041	0.284	0.196	0.113	0.124	0.249	0.283	0.216	0.281	0.333	0.369	0.299	0.320	0.189	0.305
	C-N ratio	**309.7**	—	292.9	150.3	5.0	30.7	0.9	11.3	17.0	5.6	4.3	2.8	4.1	1.1	17.1	40.6	24.5	3.8	2.1	49.8	94.3	11.4	7.8	15.1	56.8	59.8	60.4	37.8	76.3
Pond O_1	Net plankton cc/l	0.021	0.035	0.005	0.148	0.105	0.047	0.019	0.029	0.041	0.050	0.047	0.079	0.036	0.037	0.052	0.020	0.012	0.032	0.019	0.043	0.054	0.011	0.036	—	0.007	0.021	0.025	0.015	0.009
	Centrifuge plan. cc/l	0.308	0.109	0.321	0.219	0.163	0.182	0.238	0.074	0.164	0.171	0.298	0.311	0.092	0.212	0.143	0.075	0.124	0.270	0.250	0.107	0.177	0.182	0.290	—	0.490	0.546	1.084	1.190	1.321
	C-N ratio	14.7	3.1	59.4	1.5	1.6	3.9	12.5	2.6	4.0	3.4	6.3	3.9	2.6	5.7	2.8	3.8	10.3	8.4	13.2	2.5	3.3	16.5	8.1	—	70.0	26.0	43.4	79.3	**146.7**
Pond O_2	Net Plankton cc/l	0.014	0.055	0.041	0.044	0.021	0.061	0.020	0.027	0.020	0.065	0.016	0.053	0.020	0.042	0.021	0.011	0.012	0.022	0.009	0.035	0.007	0.034	0.021	—	0.009	0.006	0.021	0.049	0.020
	Centrifuge plan. cc/l	0.245	0.147	0.343	0.177	0.067	0.146	0.147	0.147	0.055	0.120	0.459	0.145	0.217	0.183	0.169	0.290	0.141	0.235	0.269	0.188	0.308	0.262	0.290	—	0.553	0.684	1.257	1.232	1.556
	C-N ratio	17.9	2.7	8.4	4.0	3.2	2.4	7.4	5.4	2.8	1.8	28.7	2.7	10.9	4.4	8.0	26.4	11.8	10.7	29.9	5.4	47.4	7.7	13.8	—	61.4	114.0	59.9	25.2	77.8
Pond H	Net plankton cc/l	—	0.155	0.083	0.049	0.048	0.006	0.025	0.009	0.012	0.042	0.014	0.010	0.038	0.019	0.021	0.011	0.011	0.019	0.031	0.020	0.005	0.012	0.010	0.010	0.013	0.019	0.012	0.025	0.051
	Centrifuge plan. cc/l	—	0.272	0.315	0.427	0.295	0.136	0.082	0.055	0.144	0.134	0.183	0.159	0.226	0.232	0.135	0.176	0.265	0.229	0.384	0.186	0.286	0.267	0.195	0.268	0.261	0.199	0.299	0.413	0.468
	C-N ratio	—	1.8	3.8	8.7	6.1	21.6	3.3	6.1	12.0	3.2	13.1	15.9	5.9	12.2	6.4	16.0	24.1	12.1	12.4	9.3	57.2	22.3	20.5	26.8	20.1	10.5	24.9	16.5	9.2

傾向があり，H 池を除いて 40 倍以上になつている。次に植物性プランクトンが著しく減少し，輪虫類の大増殖の見られる水変り時には逆に C–N ratio は小さくなり，水変りの最盛時にはその値は殆んど 1 に近くなつている。これらのことから津附近の 6 面の養鰻池においては，生産者としての植物性プランクトンはプランクトンネットの網目を通過するような小型の所謂 micron-algae，消費者としては輪虫類が池の物質代謝に対し重要な役割を演じていると思われる。従つて養鰻池の植物性プランクトンの研究にはネット採集法は意味が少く，採水沈澱法がすぐれていることは既に指摘したところである（伊藤，1955）。

しかし Net plankton には動物性プランクトンのみでなく大型のプランクトン植物が，Centrifuge plankton には植物性プランクトンのみでなく量的に多いプランクトン動物が含まれ，その上養鰻池は浅いので風，水車，養殖魚の活動により砂泥粒，塵埃，餌料の残滓が多く，それが沈澱量に占める割合も相当に大きい。従つて Net plankton 並びに Centrifuge plankton の沈澱容積に重要な意味を与えることは困難であるので，動物性プランクトン並びに植物性プランクトンの定量には次の個体数並びに細胞計数法を用いることにした。

4)　**植物性プランクトン**.—池水約 100 cc を酸素瓶に採水し，フォルマリンを加えて固定し，静置し完全に沈澱させて後，遠心分離器にかけて沈澱させ，10～20 倍に濃縮し，次にピペットで沈澱管中に一様に分布させるようにしてその 1 部をとり血球計算盤に移し，小区画 64 に出現するプランクトン植物を種類別に，群体を形成するものはその細胞数として計数し，池水 1 cc あたりの細胞数を算出した（Fig. 2 B）。

5)　**動物性プランクトン**.—個体計数法は約 100 cc の酸素瓶に採水した池水にフォルマリンを加えて沈澱させたものについて行つた。この酸素瓶採水法は養鰻池に広く分布する *Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Paracyclopina nana*, *Neomysis japonica* 等の活動性の大きい大型のプランクトン甲殻類は採集出来ない欠点がある。しかし本研究ではこれらのプランクトン動物の個体数密度は一般に小さく，池の物質代謝にそれ程大きい影響を与えるとは考えられない。また輪虫類並に繊毛虫類のように個体数密度の大きいプランクトン動物の定量には Net plankton の材料は多過ぎて処理に不便の点があつた。また本研究は特に輪虫類の動きと水変りの関係の究明を主眼にしたので，個体計数は酸素瓶採水の材料について行い，輪虫類の個体数密度の小さい場合は Net plankton の材料を適宜使用し参考に供した。

酸素瓶に採水し沈澱させた動物性プランクトンは沈澱量に応じて 2～4 cc に濃縮し，その中から 0.5 cc（水量の点からは 1/4～1/8）を，動物を管中に一様に分布させるようにしてピペットで抽出し，計数盤に移し，その中に含まれるすべてのプランクトン動物を種類別に計数し，池水 100 cc 中の個数体を算出した。

6)　**水変りの程度**.—水変りは養殖魚の斃死，鼻上げ，摂餌量と環境条件の変化等から総合的に判断し，水変りの程度は被害の程度，摂餌量等により便宜上次のように分類した。

水変りの程度	被　害
第 I 級	斃死 375 kg（100 〆）以上
第 II 級	斃死 37.5～375 kg（10～100 〆）
第 III 級	斃死 37.5 kg（10 〆）以内

第 IV 級　　鼻上げ
第 V 級　　餌付皆無
第 VI 級　　餌付やや不良

養殖魚の斃死量並びに摂餌量は池の所有者，加藤・大橋(房)・大橋(初) 3 氏の教示に負うところが多い。

IV 観 測 結 果

昭和 30 年5月中旬から 12 月中旬に亘る，津市江戸橋地区の6面の養鰻池における水質の1部，植物性プランクトン，動物性プランクトンの観測結果並に水変りによるウナギその他の養殖魚の被害状況は Figs. 3〜20 に示した。

これらの資料に基き，K_1・K_2・K_3 池と O_1・O_2 池及び H 池の3群の養鰻池に便宜上分け，水変りを中心とし，その被害状況，水変り過程における水質並びにプランクトン動植物の顕著な変化について述べる。勿論水変りの速度は極めて速いので1週間間隔の観測では水変りの実態を充分把えることは困難であるので，本観測では不充分の点もあるが詳細な観測は将来の課題としてここではその大要を述べるに止める。

V 津市江戸橋地区の6面の養鰻池において昭和 30 年中に見られた水変り

K_1・K_2・K_3 池
(Figs. 3〜11)

この3池は幅 1m の水路で連絡し，且つ膚接しているので，水変りの様相も全体的に見ると類似しているので総括的に述べる。昭和 30 年1月の池替後から5月一杯は池水は緑色を呈し水変りは全く見られなかつたが，6月早々から水変りが始まり，12 月までに少くとも大小6回の水変りが見られた。

第1次水変り (昭和 30 年6月4日〜20 日頃)

水変りは6月4日頃から先ず K_1 池から始まり，2日間隔で順次 K_2 池，K_3 池が水変りとなつた。6月6日〜10 日には3池で，ウナギ・セイゴ・ボラの一部約 22.5kg（6〆）が斃死し，他のウナギの大部分が池縁の石垣に這い上り鼻上げを呈し，混棲魚のカワガレイ・コチ・ハゼ・モエビ等は殆んど斃死し浮上した。その後6月 20 日頃まで餌付はなかつた。植物性プランクトンは水変り前には藍藻類の *Chroococcus*，緑藻類の *Ankistrodesmus* が著しくよく繁殖し（$4.78〜3.88\times10^6$ 細胞/cc），池水は暗緑色を呈していたが6月4日頃から急激に減少し，8日〜10 日の水変りの盛期には 0.028〜0.069 細胞/cc になり水変り前の約 1/100 に減少した。水色は4日頃から黄緑色となり，6〜10 日頃には暗赤褐色となり，それから褐色系が強いままで池水は澄み，透明度は 20〜30 cm から急激に大きくなり 62〜67 cm に落ちた。pH は 9.1〜9.6 から8日〜10 日には最低 7.3〜7.4 に低下し，溶存酸素も 8.6〜15.8 cc/L（134〜243%）から急激に減少し，8〜9日には最小 0.4〜0.8 cc/L（12.5〜6.9%）に達した。動物性プランクトンは5月中旬から増殖傾向にあつた輪虫類は，*Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* がその先駆をなし，次いで *Brachionus plicatilis*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, 等が急激に増殖し，全輪虫類の個体数は水変りの盛期に最大，70.2 個体/cc に達し，その中では *Br. plicatilis* が最も重要であり，水変りの盛期とこの輪虫の最大密度の時期は一致している。その後輪

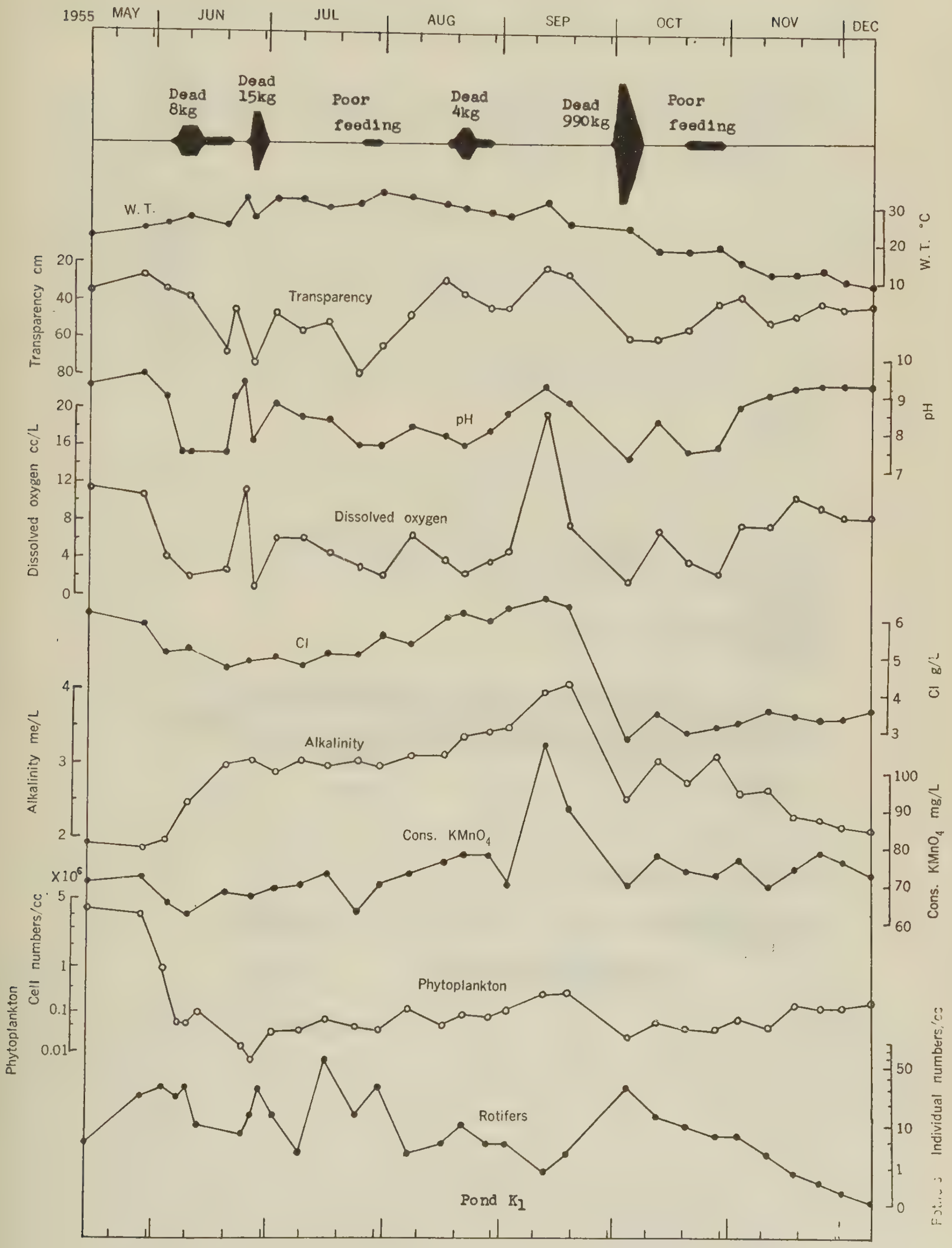


Fig. 3. The seasonal changes of some physico-chemical factors of the water of pond K$_1$ in 1955.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

虫類の急激な斃死が見られると共に硅藻類の *Chaetoceros similis* が少量であるが増殖し，20 日～25 日頃からこの水変りは回復した。

第 2 次水変り（6 月 25 日～29 日頃）

6 月 25 日は池水は緑褐色を呈し，pH は 9.3，溶存酸素は 11.6 cc/L (221 %) で水質は良好であつたが餌付は不良であつた。26 日朝ウナギ約 45 kg (12 〆) が 3 池で斃死し大部分が石垣にはい上つた。水色は緑褐色から著しく透明になり，透明度は 27 日には 69 cm，28～29 日には 90 cm となり池底まで透視出来た。pH は 7.7～7.9 に低下し，溶存酸素は最小 1.1 cc/L (19 %) に減少した。植物性プランクトンは第 1 次水変りに残存した *Chroococcus*, *Ankistrodesmus* 並びにその後に増殖した *Chaetoceros*, *Cyclotella* は全く消滅し，植物性プランクトンは殆んど絶滅した。動物性プランクトンは *Br. plicatilis* の第 2 回の大増殖が見られ，25 日には 13.0 個体/cc で増殖が始まり，28 日には最大 50.4 個体/cc に達した。またこの頃から *Pedalia fennica* の出現が見られた。この水

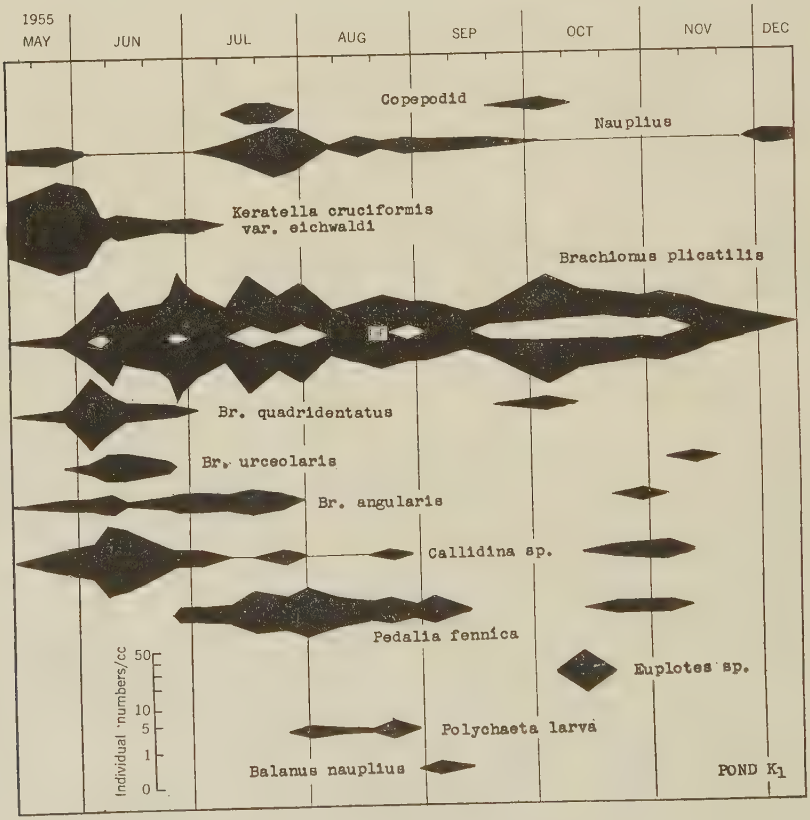


Fig. 4. The seasonal changes of zooplankters in pond K_1 in 1955.
The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.
The marks, DF in Figs. 4, 7, 10, 13, 16 and 19 indicate the number of mictic females with a dormant egg of *Br. plicatilis*.

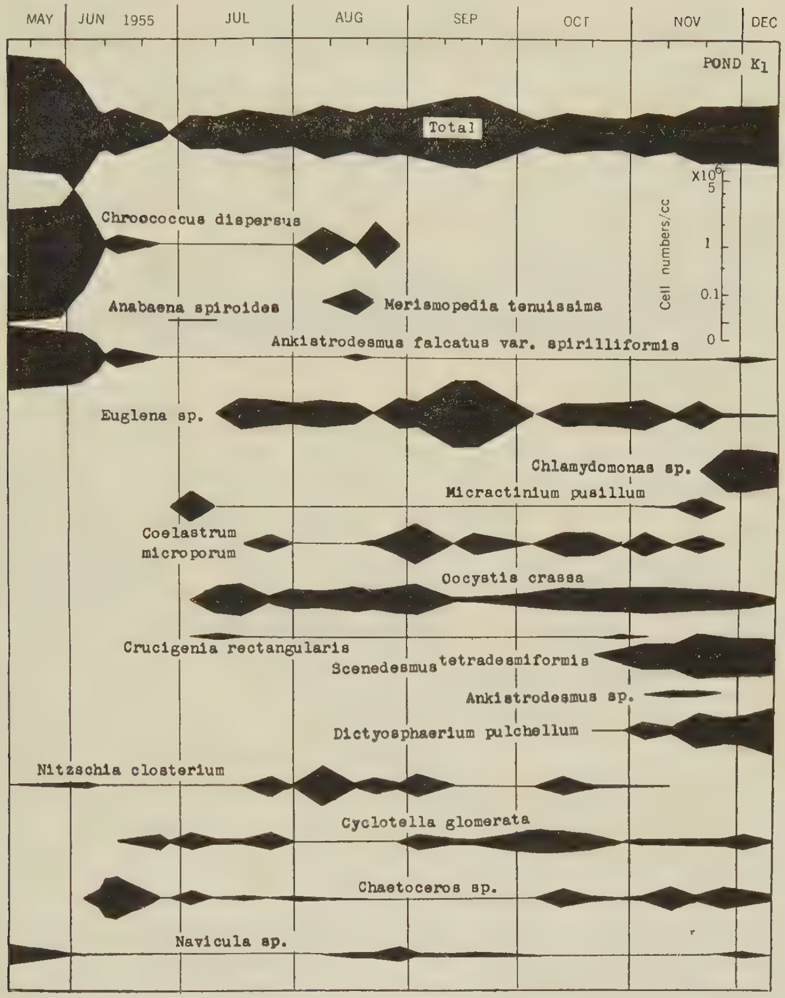


Fig. 5. The seasonal changes of phytoplankters in pond K_1 in 1955. The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.

変りは少量の *Chaetoceros, Cyclotella, Micractinium* が増殖し7月3日には回復した。

この水変り後池の状態の転化を期待し，7月5日～8日に亘り K_3 池のみ，隣接の K_2 池との連絡水路を閉じ，K_3 池の池水の大半を排水し満潮時に河水を注入した。しかし注排水の顕著な効果は認められなかつた。しかしながらその後水変りの状況は $K_2 \cdot K_1$ 池とやや異つて来た。

第3次水変り（7月17日～31日頃）

軽度の水変りで餌付やや不良程度である。K_3 池のみは7月10日には透明度は著しく大きくなり，pH は 7.6，溶存酸素は 3.6 cc/L（68％）に減少し水変り類似の現象が見られるが，輪虫類の増殖は見られず，植物性プランクトンもやや増加している。これは排注水の影響によるものと考えられる。$K_1 \cdot K_2$ 池では透明度は 48～78 cm に落ち，pH は 7.4～7.6，溶存酸素は 3.2～3.4 cc/L（60～63％）に低下した。植物性プランクトンは

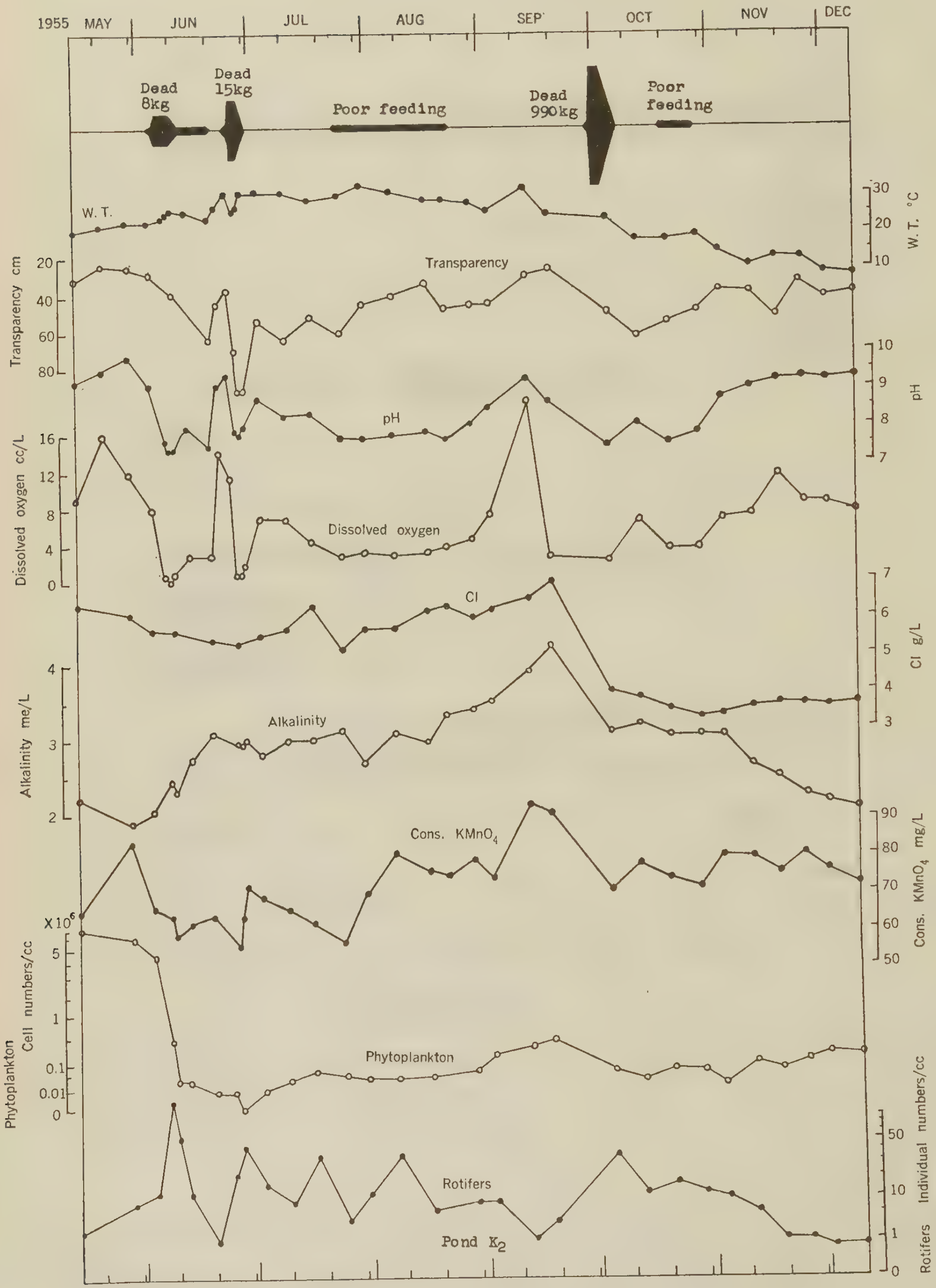


Fig. 6 The seasonal changes of some physico-chemical factors of the water of pond K_2 in 1955.
The upper-most figure indicates the degree of damage of the cultured fishes.

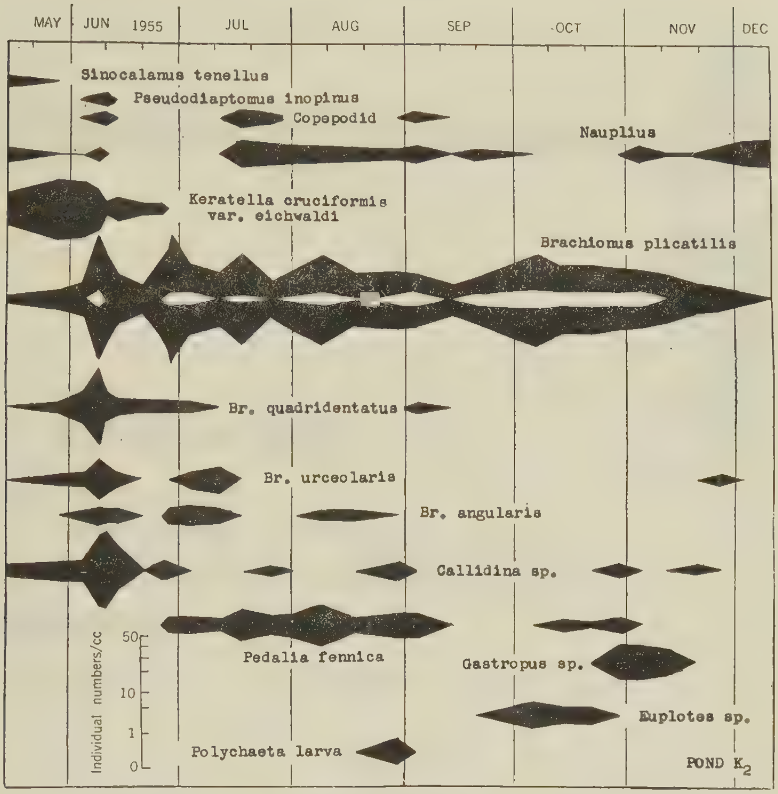


Fig. 7. The seasonal changes of zooplankters in pond K_2 in 1955.
The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.

Chaetoceros, *Chlamydomonas*, *Oocystis* 等が顕著に減少している。動物性プランクトンは 17 日に *Br. plicatilis* が増殖し，K_1 池では 41.0 個体/cc に達し，31 日にも大増殖が見られ，K_1 池では 23.8 個体/cc に達している。K_2・K_3 池の個体数密度は小さく，19.1〜12.8 個体/cc, 5.8〜7.4 個体/cc で K_1 池に比べると劣るが，この期間に 2 回の大増殖の見られる点は一致している。この水変りは K_1 並びに K_3 池では 8 月上旬に回復したが，K_2 池のみは充分回復に至らない中に第 4 次水変りになつた。

第 4 次水変り（8 月 19 日〜28 日頃）

8 月 23 日朝 K_1 池のみでウナギ約 3.75 kg（1 〆）斃死したが，K_2・K_3 両池では斃死は見られなかつたが餌付やや不良であつた。植物性プランクトンは *Merismopedia*, *Euglena* が著しく減少し，*Oocystis* も幾分減少している。しかし全体的には著しい変化はない。透明度も 35〜50 cm になりやや落ち，pH は 7.6，溶存酸素は K_1・K_2・K_3 池の順に 2.4 cc/L, 4.1 cc/L, 5.0 cc/L に減少した。動物性プランクトンは *Br. plicatilis* が大増殖し，特に K_3 池では 85.7 個体/cc に達した。この水変りは 8 月 29 日頃には回復した。

第 5 次水変り（9 月下旬〜10 月 5 日頃）

9 月上旬から *Euglena* が著しく増殖し，9 月 13 日にはその密度は K_1・K_2・K_3 池の

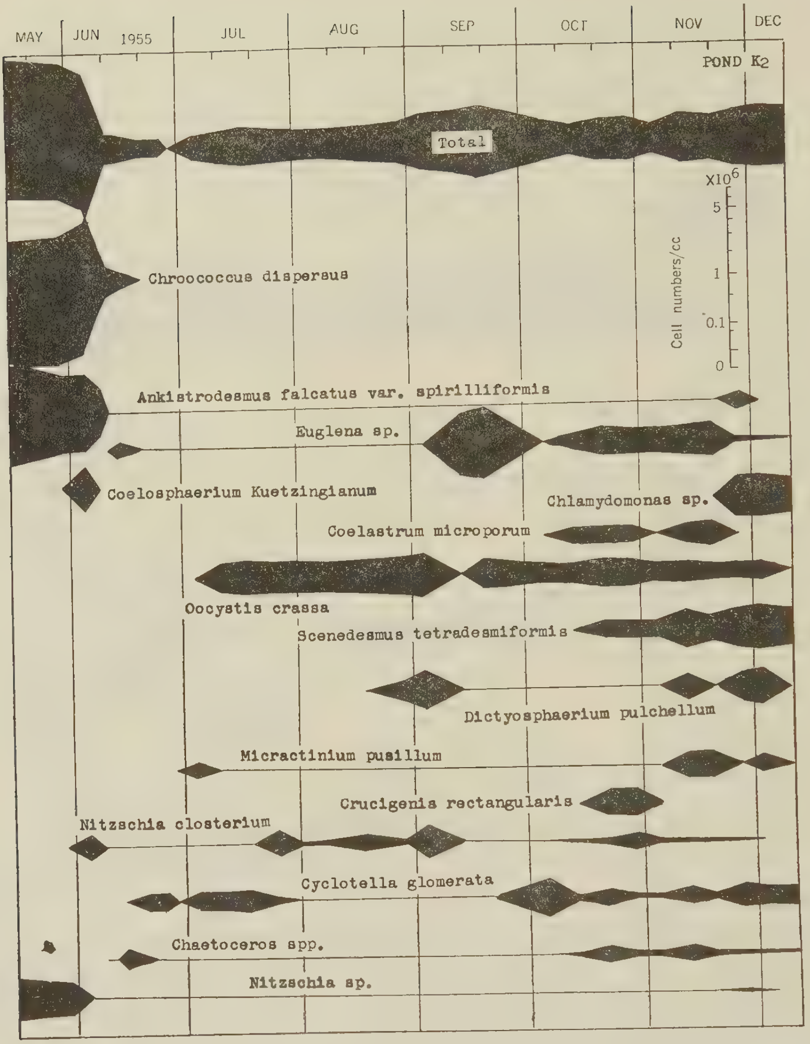


Fig. 8. The seasonal changes of phytoplankters in pond K_2 in 1955. The figures illustrating with "spherical curve method".

順に，0.371，0.316，0.070×10^6 細胞/cc でいずれも暗緑色を呈し，透明度は 21，28，43 cm，pH は 9.2，9.2，8.8，溶存酸素は 20.2，19.8，11.0 cc/L（382，386，206 %）であつた。9月 19日から 10 月5日に亘る観測を欠くのでその後の変化は不明である。10 月2日（台風 22 号）朝 K_1・K_2 両池でウナギ約 112.5 kg（30 〆）斃死，ボラ 1875 kg（500 〆）が斃死した。しかし K_3 池では一部鼻上げは見られたが斃死魚はなかつた。水変り前，盛期の観測資料を欠いている上に，K_1・K_2 両池ではこの水変り時に2日間に亘り河水を注入し，一方 K_2・K_3 池の連絡水路の遮断板を取除いたので，この水変りの詳細は明かでない。10月5日の観測結果によると，植物性プランクトンは優占種の *Euglena* が全く消滅し，透明度は 58，47，29 cm，pH は 7.3〜7.4，溶存酸素は 2.2，2.5，2.4 cc/L（37〜42 %）に減少している。動物性プランクトンは *Br. plicatilis* が K_1・K_2 池

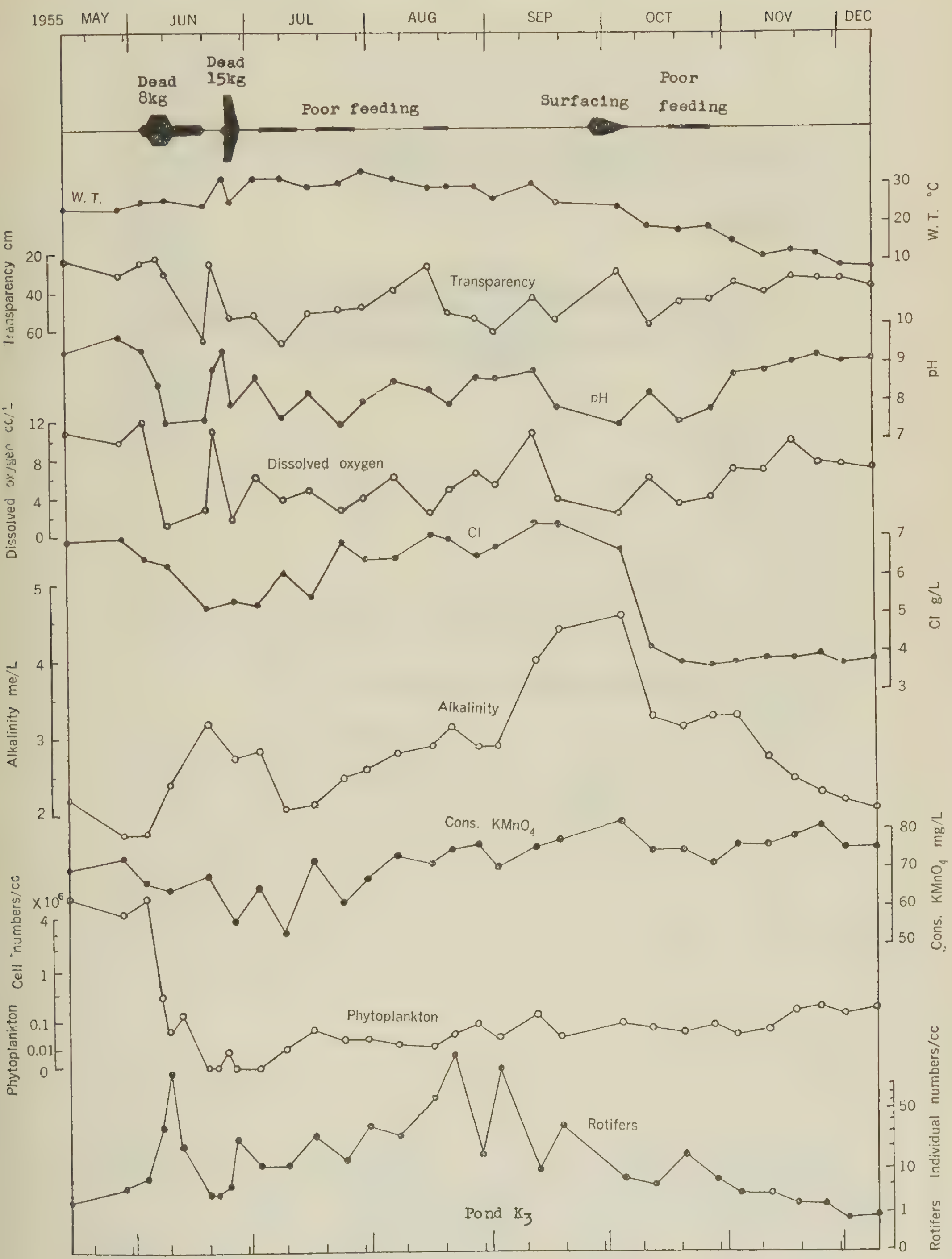


Fig. 9. The seasonal changes of some physico-chemical factors of the water of pond K_3 in 1955.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

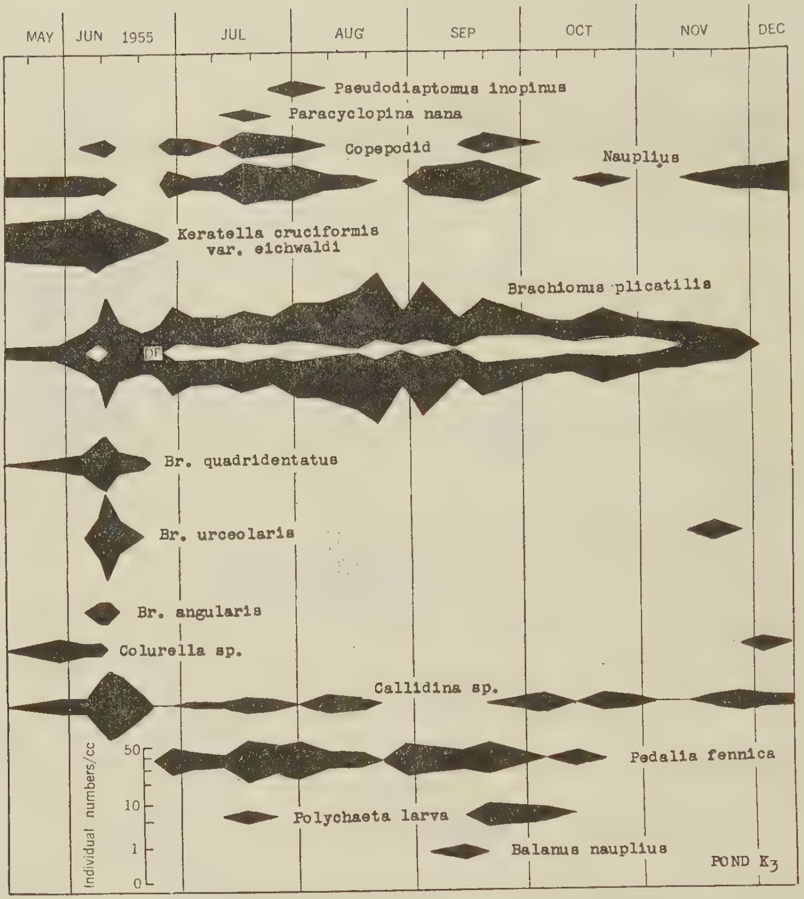


Fig. 10. The seasonal changes of zooplankters in pond K_3 in 1955. The figure illustrating with "spherical curve method".

では 29.7 個体，19.8 個体/cc であるが，K_3 池は 4.0 個体/cc で少い。恐らく水変り盛期には輪虫類の密度は更に大きく，環境条件ももつと悪化していたのではないかと思われる。

第 6 次水変り（10 月 21 日～29 日頃）

3 池共にこの期間餌付不良で正常時の 50％で軽度の水変りである。植物性プランクトンは *Nitzschia*, *Cyclotella*, *Chaetoceros* がやや減少としているが全体的に見ると殆んど変化はない。動物性プランクトンは K_2・K_3 池では *Br. plicatilis* がやや増加しているが，全体的に見ると著しい増殖は見られない。透明度は，53～45 cm に落ち，pH は 7.5 に低下し，溶存酸素は 3.9～3.5 cc/L（58～53％）に減少している。

この水変りを最後として最も卓越していた汽水性輪虫類 *Br. plicatilis* は急激に斃死し，11 月下旬から 12 月上旬には全く消滅した。逆に植物性プランクトンは種類相も豊富になり，量的にも増加し，池水の pH も 9 以上になり，溶存酸素も 100％以上となり，透明度も 40 cm 以下となり，池は安定状態となつた。

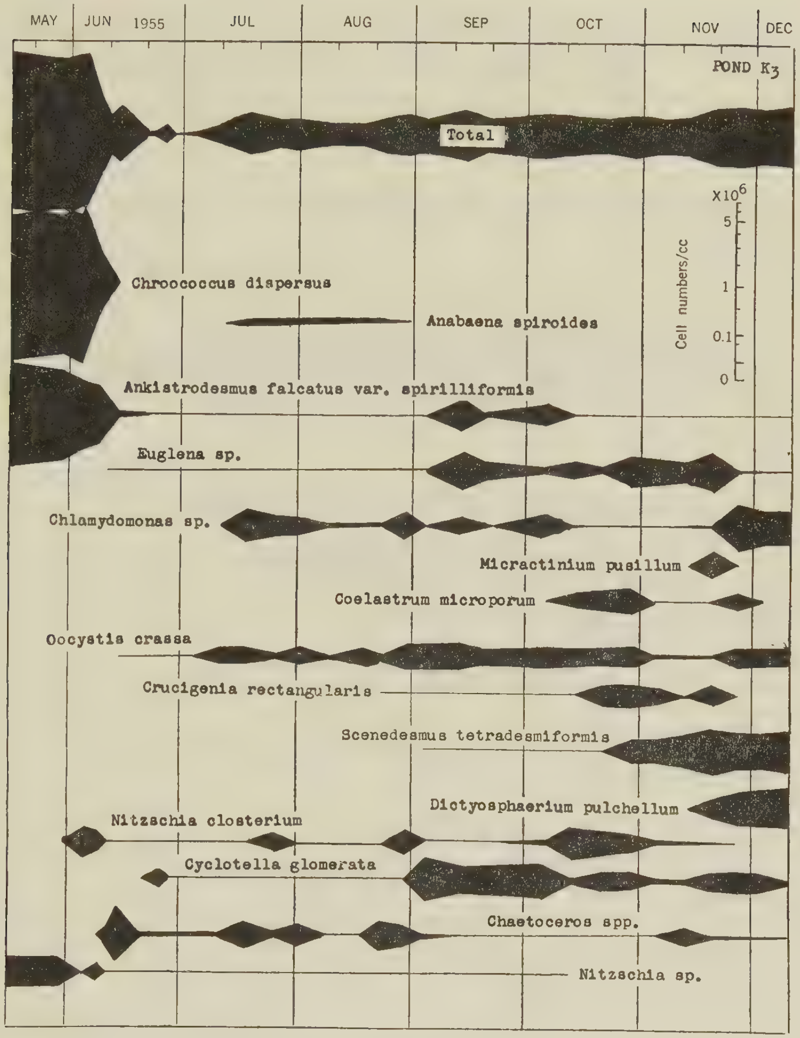


Fig. 11. The seasonal changes of phytoplankters in pond K_3 in 1955. The figures illustrating with "spherical curve method".

O_1・O_2 池
(Figs. 12～17)

この両池は昭和 30 年1月の池替後から5月初旬まで池水は緑色を呈し好調であつたが，5月中旬から 12 月中旬の観測期間中に，O_1 池では大小7回，O_2 池では大小6回の水変りが見られた。両池は幅 1m の水路で連絡されているので水質，プランクトン相，水変りの状況も類似しているので総括的に述べる。

第1次水変り（昭和 30 年5月7日～21 日頃）

5月7日頃から池水は急激に澄みはじめ，10 日頃からウナギの鼻上げが見られ，水色は乳濁味が強くなつた。14 日には池水は黄褐乳色を呈し餌付は皆無であつた。水変り

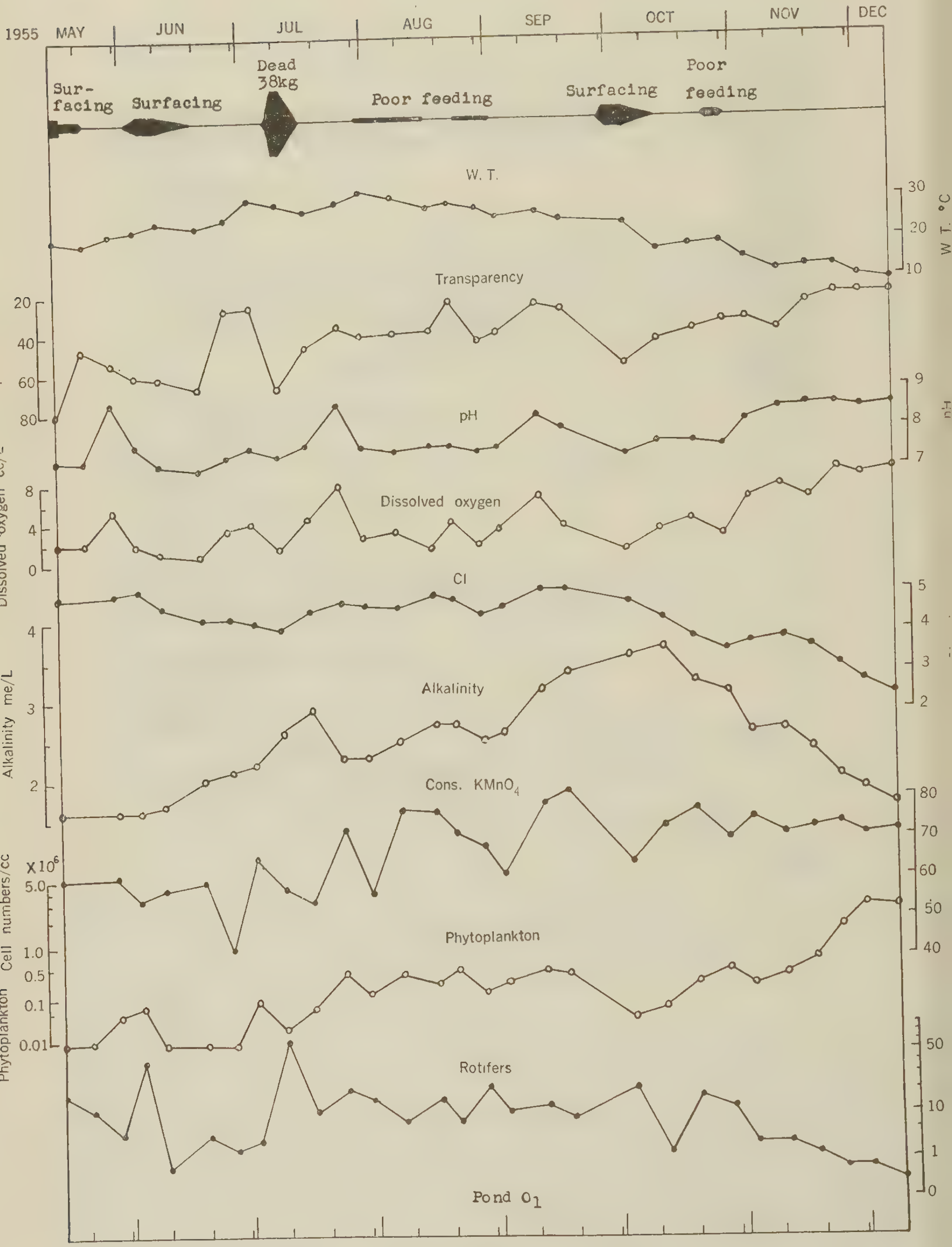


Fig. 12. The seasonal changes of some physico-chemical factors of the water of pond O_1 in 1955.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

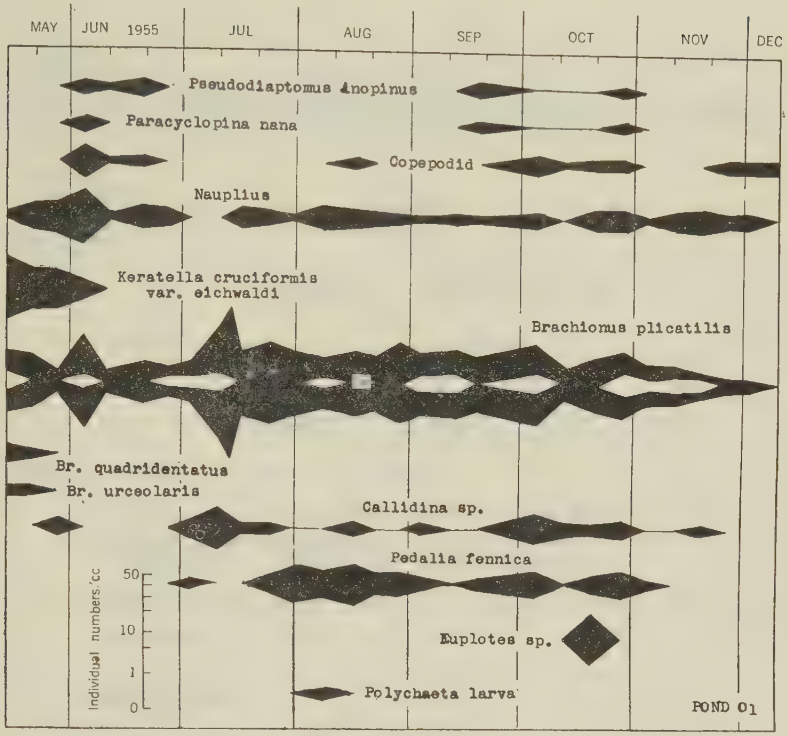


Fig. 13. The seasonal changes of zooplankters in pond O_1 in 1955. The figures illustrating with "spherical curve method".

前，水変り初期の観測資料を欠くのでこの水変りにおける水質・プランクトン相の変化の詳細は明かでない。14 日の観測結果によるとこの水変りの状態は次の通りである。透明度は 65～80 cm で著しく大きく，pH 7.3，溶存酸素は 2.1～2.9 cc/L (32～47 %) で少い。植物性プランクトン量は O_1 池では 0.006×10^6 細胞/cc，O_2 池では 0.018×10^6 細胞/cc で極めて少量であり，またその種類は *Chaetoceros*, *Cyclotella* 等の硅藻類で構成されていた。これは水変り時に多量に出現するものである。動物性プランクトンとしては汽水性輪虫類の *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. plicatilis* が大増殖し，その個体数密度は O_1 池では 11.0 個体/cc，O_2 池では 29.8 個体/cc で，これらの輪虫類は 28 日には急に減少している。この水変りは 5 月 28 日から 6 月 4 日頃までに植物性プランクトンの *Chroococcus*, *Ankistrodesmus* がやや増殖し，透明度は 55 cm，pH は 7.8～8.8，溶存酸素は 5.6 cc/L (91 %，O_1 池) となりやや回復した。

第 2 次水変り（6 月 4 日～27 日頃）

6 月 4 日頃から第 2 次の水変りとなり，4 日～6 日にはウナギの一部は鼻上げをし，その後 27 日までは餌付不良で正常時の約 50 % 程度であつた。植物性プランクトンは *Chroococcus*, *Ankistrodesmus* 等は 10 日頃から殆んど消滅した。一方動物性プランクトンは輪虫類の *Br. plicatilis* が大増殖をし，4 日には O_1 池では 19.7 個体/cc，O_2 池では 9.8 個体/cc で共に最大密度に達しその後急激に減少している。透明度も著しく大きくなり，68～79 cm を示し，pH は 7.1～7.2 に低下し，溶存酸素も最低 1.3～1.5 cc/L

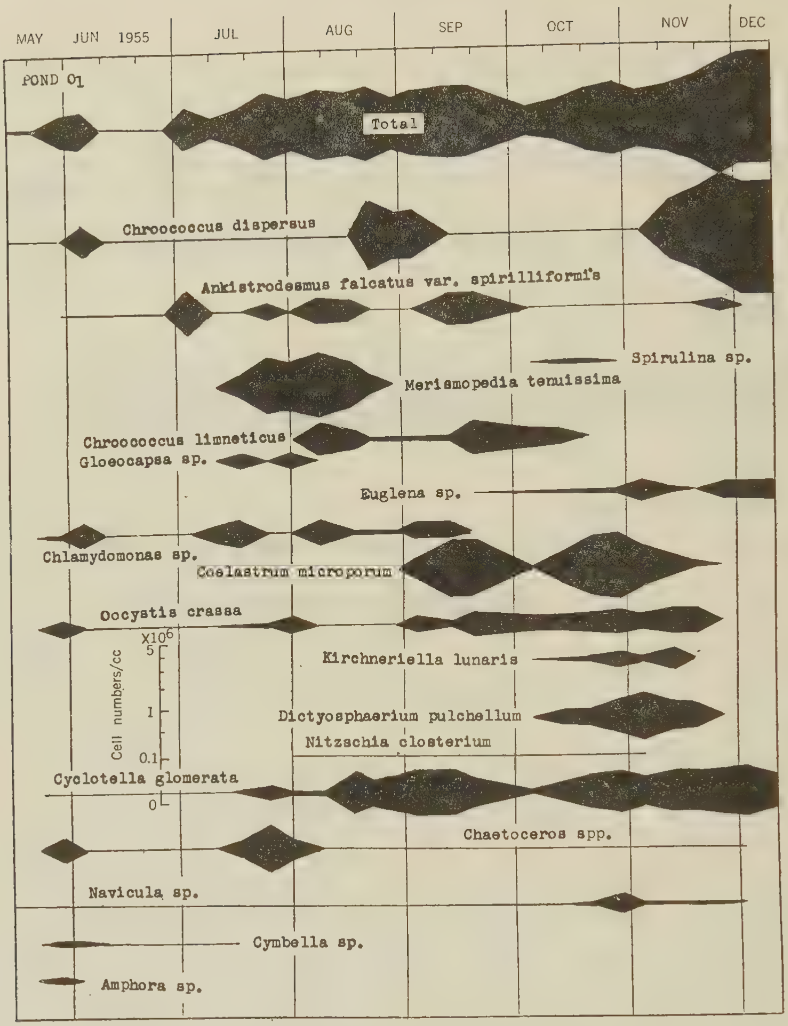


Fig. 14. The seasonal changes of phytoplankters in pond O_1 in 1955.
The figures illustrating with "spherical curve method".

(23～26％) に減少した。この水変りは 7 月 3 日には，*Chroococcus, Ankistrodesmus, Cyclotella* 等の植物性プランクトンが顕著に増殖し，透明度は共に 27 cm，pH は 7.6～8.6，溶存酸素は 4.0～8.9 cc/L (75～173％) となり回復し，*Br. plicatilis* の個体数密度は少く，1.5～2.9 個体/cc 程度であつた。

第 3 次水変り 7 月 10 日～17 日頃 (O_1 池) 及び 8 月 8 日頃 (O_2 池)

両池共に 7 月 10 日に池水は乳濁味が強くなり，11 日にはウナギ約 75 kg (20 〆) が斃死し，残りも殆んど鼻上げを呈し，その後 16 日まで餌付は皆無であつた。植物性プランクトンは O_1 池では *Ankistrodesmus*, O_2 池では *Chroococcus, Ankistrodesmus* が全く消滅し，逆に動物性プランクトンでは *Br. plicatilis* が異常増殖し，O_1 池では 35.5 個体/cc (10 日)，96.3 個体/cc (13 日)，O_2 池では 19.6 個体/cc が見られ，その後急激に減少している。透明度は 68～49 cm，pH は共に 7.4 に低下，溶存酸素は 1.6 cc/L (30

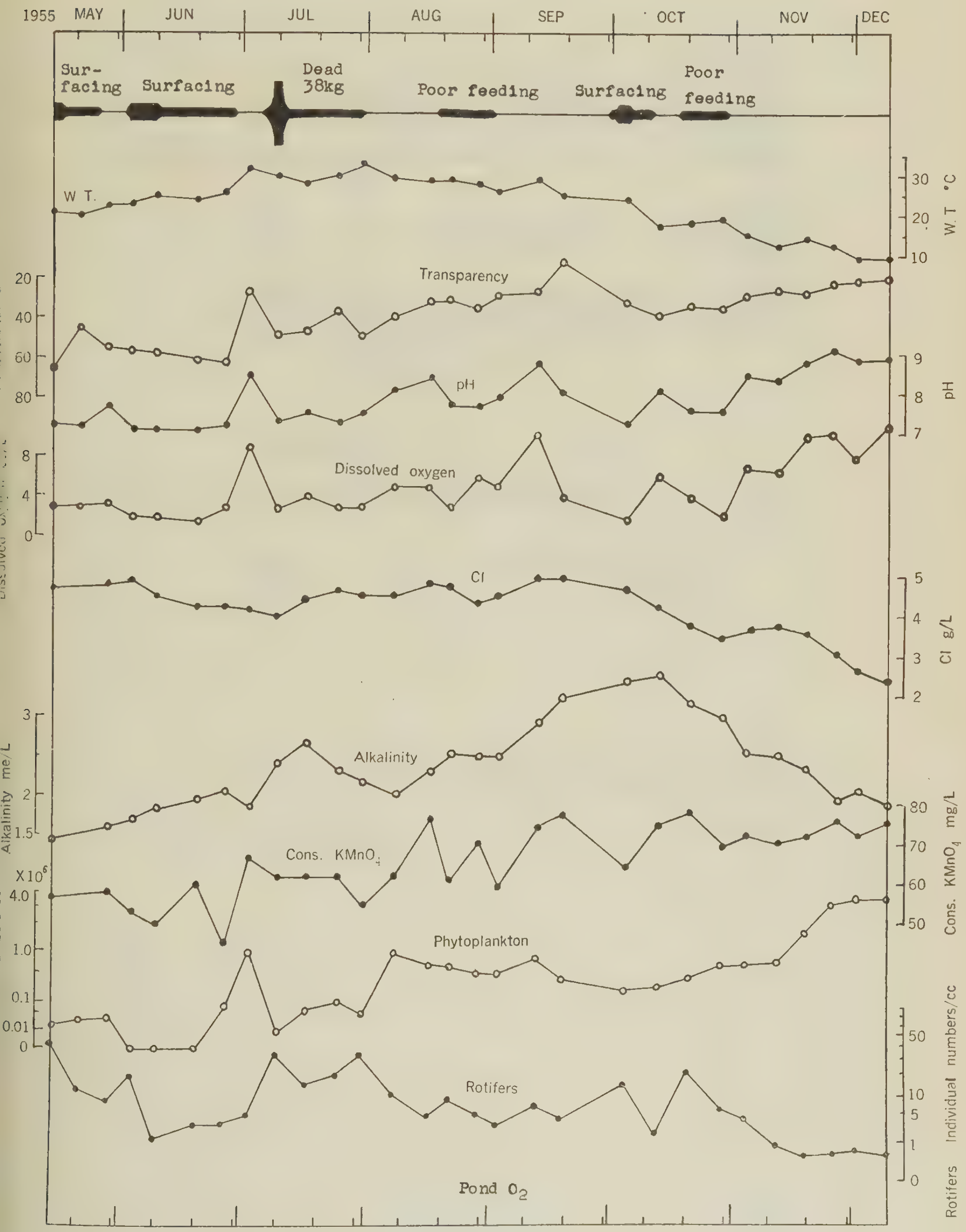


Fig. 15. The seasonal changes of some physico-chemical factors of the water of pond O_2 in 1955.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

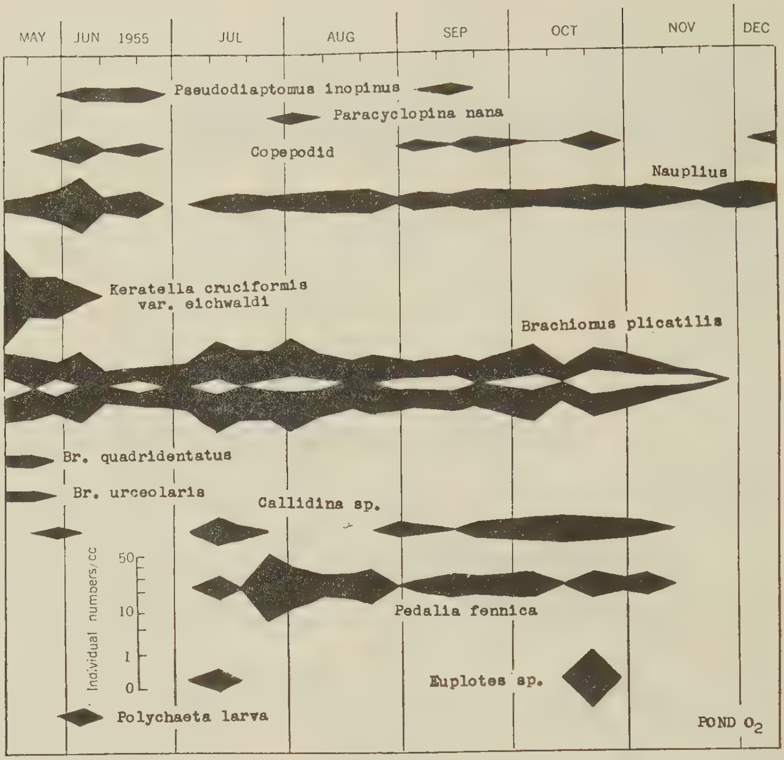


Fig. 16. The seasonal changes of zooplankters in pond O_2 in 1955.
The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.

%, O_1 池), 3.0 cc/L (56 %, O_2 池) に減少した。この水変りの回復は両池でやや異つている。O_1 池は7月 25 日には藍藻類の *Merismopedia tenuissima* と硅藻類の *Chaetoceros* が増殖し, 透明度は 37 cm, pH は 8.7, 溶存酸素は 8.1 cc/L (151 %) になり回復した。O_2 池はややおくれて8月8日には *Merismopedia* が増殖し, 透明度は 40 cm, pH 8.2, 溶存酸素 5.2 cc/L (96 %) に増加しほぼ回復した。

第4次水変り (7月 31 日～8月 17 日頃)

この水変りは O_1 池のみに見られ, 餌付やや不良の軽度の水変りである。植物性プランクトンは *Merismopedia tenvissima* が約 1/2 に, *Chaetoceros* が約 1/10 に減少し, 逆に輪虫類が7月 25 日には *Br. plicatilis* が 13.5 個体/cc, 31 日には 7.1 個体/cc, 8月8日には 3.6 個体/cc, 17 日には 7.1 個体/cc と変化しているので, 7月 25 日と 31日の間に最大密度に達したのではないかと考えられる。透明度は 40～42 cm, pH は 7.5～7.6, 溶存酸素は 1.7～3.3 cc/L (32～63 %) であるが, いずれも急激な変化は見られなかつた。この水変りは8月 22 日には植物性プランクトンの *Chroococcus* が増加し, 透明度は 25 cm, pH は 7.6, 溶存酸素は 4.4 cc/L (80 %) に達し, やや回復した。

第5次水変り (8月 22 日～29 日頃, O_2 池; 8月 29 日～9月3日, O_1 池)

O_2 池は8月 22 日頃から, O_1 池は8月29 日頃から水変りになつた。いずれもやや不良の餌付となつた軽度の水変りである。O_2 池では植物性プランクトンは *Coelastrum* が全く消滅し, 逆に *Chroococcus* が増殖しているので全体的には僅かに減少しているに過

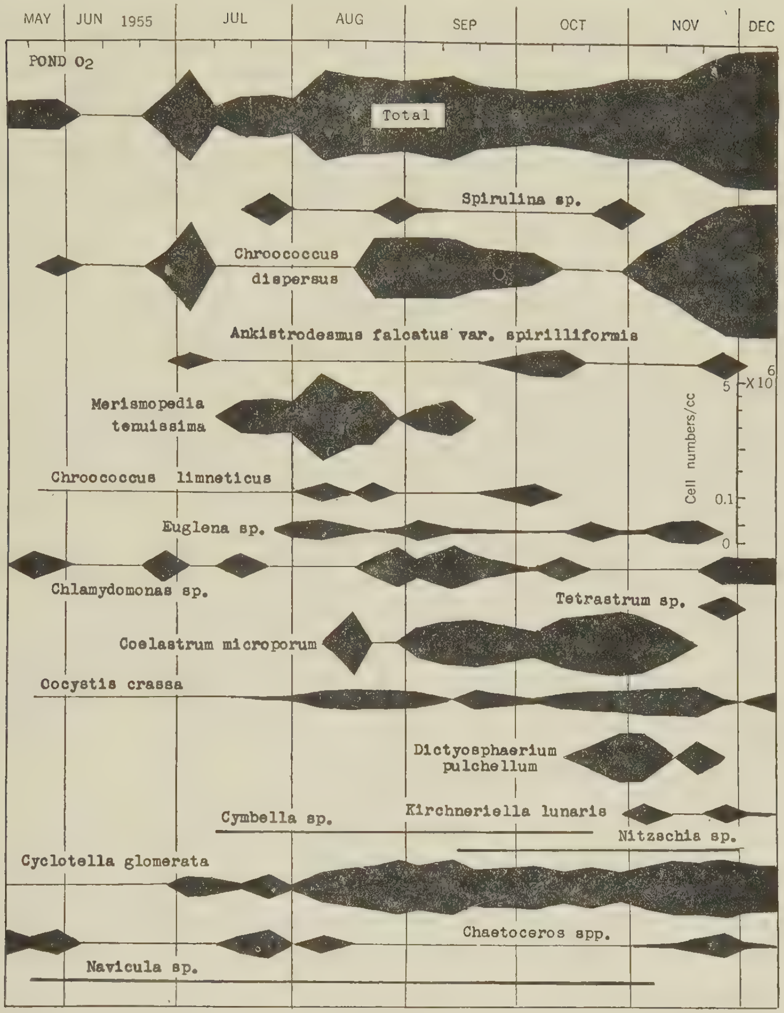


Fig. 17. The seasonal change of phytoplankters in pond O_2 in 1955.
The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.

ぎない。輪虫類の *Br. plicatilis* が僅かに 4.9 個体/cc 程度に増加しているが顕著な変化は見られていない。透明度は 32 cm から 36 cm となり，やや大きくなつている。pH は最低 7.8 となり，溶存酸素は 2.8 cc/L (51 %) に減少している。O_1 池においては，植物性プランクトンの著しい減少が見られ，*Chroococcus* が約 1/4 に減少し，逆に動物性プランクトンは *Br. plicatilis* が 14.5 個体/cc に顕著に増加した。透明度は 25 cm から 45 cm に落ち，pH は 7.5，溶存酸素は 2.2 cc/L (39 %) に減少している。この O_1 池の水変りは 9 月 13 日には *Coelastrum* が急増し，O_2 池の水変りは 9 月 3 日には *Chroococcus, Coelastrum* 等が増殖し，透明度は 26〜28 cm となり，pH は 8.4〜8.8，溶存酸素は 7.3〜10.4 cc/L (129〜190 %) となり回復した。

第 6 次水変り（9 月下旬頃から 10 月 5 日頃まで）

10 月 2 日（台風 22 号）朝に養殖魚は殆んど鼻上げを呈したが斃死は見られなかつた。

この水変りは9月下旬の水変り前並びに水変り盛期の観測を欠くので，水質・プランクトン相の変化の詳細は不明である。植物性プランクトンは *Ankistrodesmus* が殆んど消滅し，また全体的には約 1/20 に減少している。動物性プランクトンは逆に *Br. plicatilis* が 10 月5日には 13.0 個体/cc に達しているので水変り盛期には更に大きい密度に達したのではないかと考えられる。透明度は 57 cm，pH は 7.3～7.4，溶存酸素は 1.5～1.6 cc/L (26～27 %) に減少している。この水変りは O_1 池では 10 月 21 日には *Coelastrum* が約7倍に増加し，透明度は 40 cm となり，pH は 7.7 で僅かに上昇したが，溶存酸素は著しく増加し 4.6 cc/L (69 %) となり，やや回復した。O_2 池では 10 月 13 日には *Coelastrum* がやや増加し，透明度は 40 cm，pH は 8.1，溶存酸素 6.2 cc/L (91 %) となり回復した。いずれも *Br. plicatilis* は著しく減少している。

第7次水変り (10 月 21 日～29 日頃)

軽度の水変りで餌付やや不良程度。植物性プランクトンには質的にも又量的にも顕著な変化はない。輪虫類は僅かであるが増殖し，O_1 池では 7.4 個体/cc，O_2 池では 7.8 個体 cc が最大密度である。透明度にも著しい増大は見られず 36 cm，しかし pH，溶存酸素は落ち，夫々 pH 7.6，溶存酸素は 2.1 cc/L (32 %) に低下している。従つてこの水変りは植物性プランクトンの減少は見られず，透明度にも変化はないが pH 並びに溶存酸素が減少している点で他の水変りと異つている。しかし *Br. plicatilis* の増殖の点は一致する。

この水変りを最後として植物性プランクトンは *Chroococcus* が急激に増加し，逆に *Br. plicatilis* は徐々に減少し，11 月下旬から 12 月上旬には全く消滅し，水色も深緑色に変り，透明度は 22 cm 程度となり，pH は 9.1 以上，溶存酸素は 9.6 cc/L (128 %) 以上となり，池は安定し水変りは全く見られなくなつた。

H 池

(Figs. 18～20)

この池は昭和 29 年秋から昭和 30 年4月末までは池水は緑色を呈し，水変りは全く見られず好調であつた。しかし5月上旬から 10 月に亘り4回の水変りが見られた。

第1次水変り (昭和 30 年5月上旬～21 日頃)

5月 10 日前後から池水は緑色を減じ透明度を増し，17 日頃にウナギの一部は鼻上げを呈し，その後 21 日まで餌付はやや不良で平常時の約 60 % であつた。水変り前，盛期の観測を欠くのでこの水変り時における水質・プランクトン相の変化は明瞭でない。5月 21 日の水変り末期の状態は次の通りである。植物性プランクトンとしては *Chaetoceros* のみが僅かに見られ，水色は暗褐色を呈し，透明度は 84 cm で著しく大きく池底まで透視出来た。pH は 7.1，溶存酸素は 1.8 cc/L (28 %) で典型的な水変りの状態である。動物性プランクトンとしては，輪虫類の *Br. plicatilis* が大増殖をし，その個体数密度は 21 日には 51.4 個体/cc，22 日には 50.9 個体/cc であつたが，K_1・K_2・K_3 池，特に O_1・O_2 池で大増殖をした *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* はこの H 池では僅かに 0.08 個体/cc に過ぎないが，この種は5月 10 日前後に *Br. plicatilis* の先駆をなして大増殖したのではないかと思われる。この水変りは5月 28 日頃には植物性プランクトンの *Micractinium* が出現し，透明度は依然として 82 cm であつたが，pH は 8.5，溶存酸素は 6.6 cc/L (108 %) に増加し，一方 *Br. plicatilis* は 5.9 個体/cc に減少し水変りは

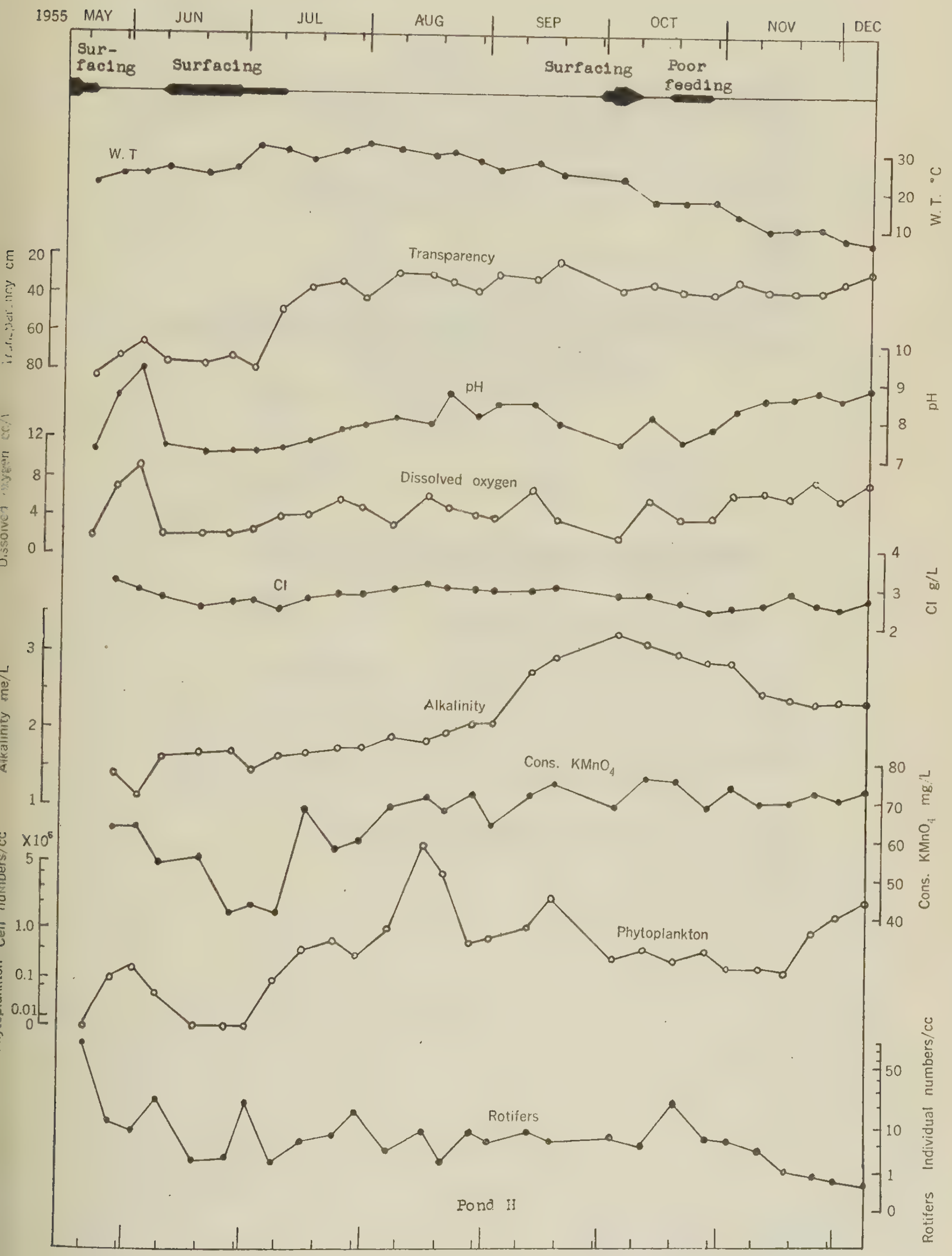


Fig. 18. The seasonal changes of some physico-chemical factors of the water of pond H in 1955.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

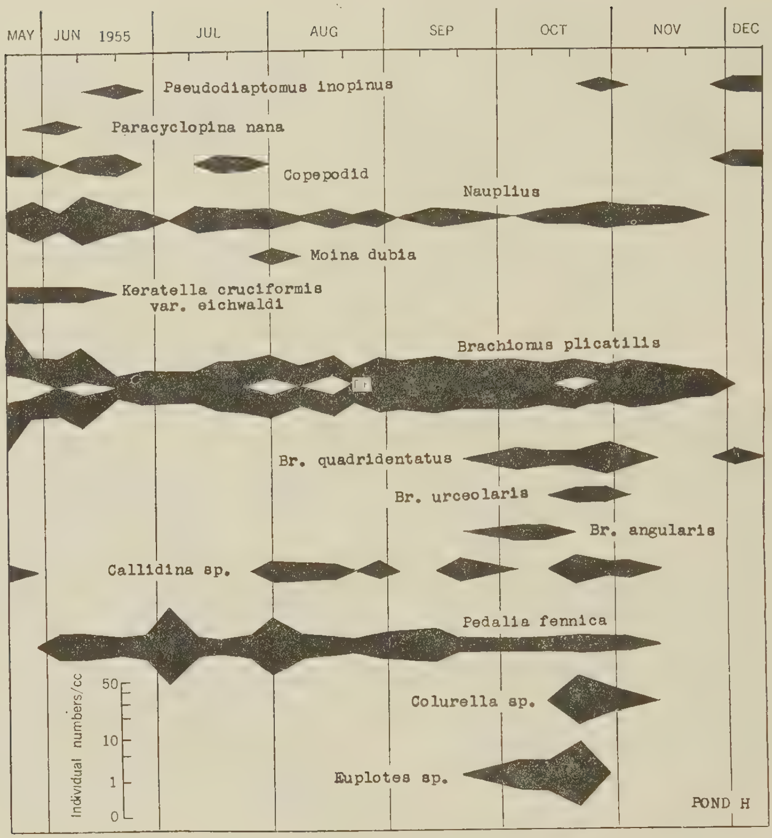


Fig. 19. The seasonal changes of zooplankters in pond H in 1955. The figures illustrating with "spherical curve method".

ほぼ回復した。

第2次水変り（6月 10 日～7月 10 日頃）

この水変りは約1ケ月の長期に亘るものであるが，軽度で餌付やや不良，摂餌量は平常時の約 60 ％程度であつた。植物性プランクトンの著しい変化は *Micractinium* が消滅し，7月3日頃までプランクトン植物は殆んど見られなかつた。動物性プランクトンとしては，6月 10 日には *Br. plicatilis* がやや増殖し，12.2 個体/cc に達したが間もなく急激に減少した。しかし7月3日には *Pedalia fennica* の大増殖が見られ，11.4 個体/cc に達したが，17 日には著しく減少した。透明度は 72～78 cm に増大し，pH は 7.1 に低下，溶存酸素は 1.9 cc/L (33 ％) に減少した。しかしこの水変りも7月 10 日～17 日に亘つて，植物性プランクトンの *Chroococcus*, *Ankistrodesmus* 等が著しく増殖し，透明度は小さく 33 cm になり，pH は 7.7，溶存酸素は 5.4 cc/L (100 ％) になり回復した。

第3次水変り（9月下旬～10 月5日頃）

10 月2日（台風 22 号）前後にウナギの一部は鼻上げをした。この水変りも観測を欠く点が多いので詳細な変化は不明である。植物性プランクトンは *Merismopedia tenuissima* 等が著しく減少し，約 1/9 になつている。しかし観測結果には輪虫類の大増殖は得

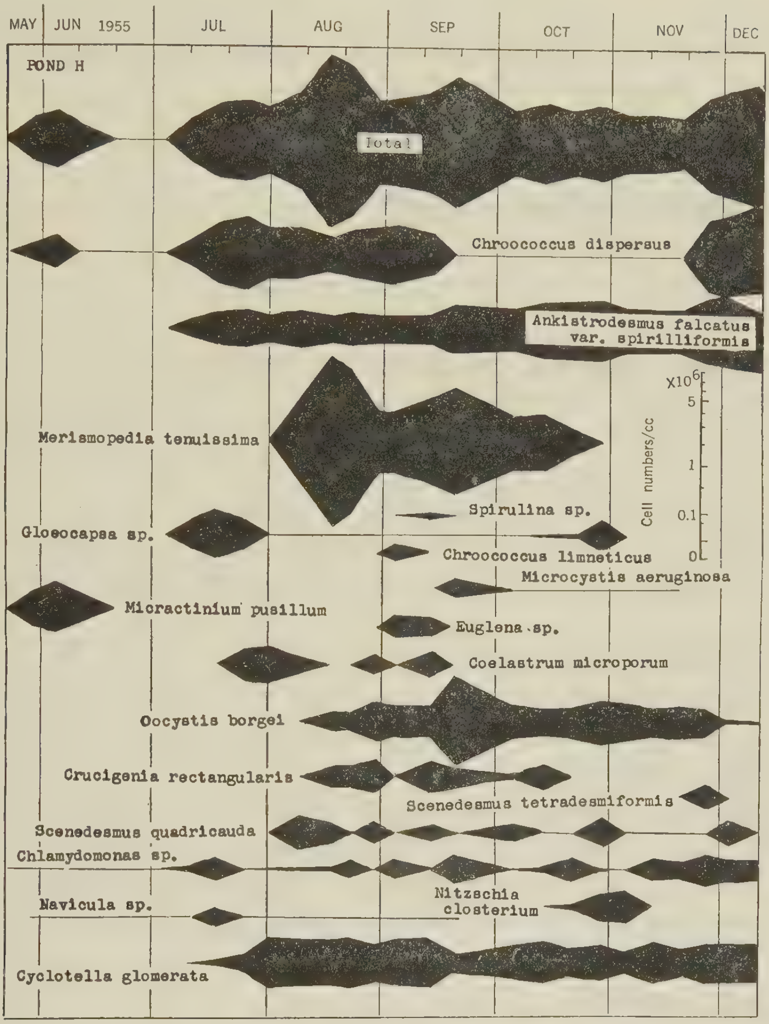


Fig. 20. The seasonal changes of phytoplankters in pond H in 1955.
The figures illustrating with "spherical curve method".

られていない。透明度は 35 cm で余り落ちていない。しかし pH は 7.4，溶存酸素は 1.8 cc/L (30 %) に減少している。この水変りは 10 月 13 日には，植物性プランクトンの *Ankistrodesmus*, *Merismopedia*, *Cyclotella* 等が増加し，透明度は 32 cm，pH は 8.1，溶存酸素は 5.8 cc/L (87 %) に増加してほぼ正常にかえつた。

第 4 次水変り (10 月 21 日〜29 日頃)

極く軽微の水変りで，植物性プランクトンは *Merismopedia*, *Crucigenia* が消滅し，*Cyclotella* が減少し，動物性プランクトンは *Br. plicatilis* がやや増加し，その他 *Colurella*, *Euplotes* が急激に増殖した。透明度は 37 cm で僅かに大きくなり，pH は 7.5〜7.8，溶存酸素は 3.7〜4.0 cc/L (56〜61 %) に減少している。

この水変りは 11 月 4 日に回復した。その後植物性プランクトンは *Chroococcus*, *An-*

kistrodesmus が著しく増殖し，逆に動物性プランクトンの輪虫類，繊毛虫類も消滅し，特に *Br. plicatilis* は 12 月2日には全く死滅し，透明度は 24 cm，pH は 8.9，溶存酸素は 8.0 cc/L（106 %）となり池は安定した。

VI 総括並びに考察

1. 6 面の養鰻池における水変りの共通性

上述の津市江戸橋地区の6面の養鰻池において昭和 30 年中に見られた水変りを総括し，顕著な共通点として次の事柄を挙げることが出来る。

A. 水変りの時期

これらの6面の養鰻池は昭和 29 年秋から池水は緑色を呈し，O_1・O_2・H 池は昭和 30 年4月末まで，K_1・K_2・K_3 池は5月末まで水変りは全く見られず池は好調であつた。しかし O_1・O_2・H 池は5月7日頃から，K_1・K_2・K_3 池は6月4日頃から最初の水変りが始まり，そして 10 月 21 日〜29 日の水変りを最後としてその後池は安定し，水変りは全く見られなくなつた。従つて水変りの時期としては5月上旬から 10 月下旬の暖期であり，水温の点からは，水変りのはじまりは 17〜20°C，最後の水変りは 17.8〜19.0°C で両者はほぼ一致している。従つて水変りの見られるのは水温 17〜20°C 以上の暖期である。

養鰻池の動物性プランクトンの中で優位を占め，特に水変り時に大増殖をする輪虫類の *Brachionus plicatilis* の季節的消長を見ると，Figs. 4, 7, 10, 13, 16, 19 に明かのように，5月上旬から出現の傾向があり，そして 11 月下旬から 12 月上旬（水温 9〜13°C）には全く消滅し，異常増殖の見られるのは 17〜20°C 以上の暖期に限られている。故に水変りの時期と *Br. plicatilis* の増殖期が全く一致することは注目すべき事柄である。稲葉（1937）によると静岡県浜名湖地方の養鰻池の水変りは，初夏青葉の候（5〜6 月）と秋の彼岸後から 11 月までの2回の時期におこり，特に被害の大きいのは 5〜6 月であるという。本研究の結果はそれとほぼ一致するが，津市附近の水変りの時期は春秋2回に限るより，5月〜10 月末頃までと考えた方が妥当である。

B. 水変りの継続期間

水変りの速度は急激であり，ひどい水変りには斃死が 1〜2 日継続し，鼻上げが残り，餌付皆無，餌付不良，回復という過程を通る。また斃死を伴つた水変りには，溶存酸素は充分にあり，pH も高く，池水も緑色系が強いのにも拘わらず餌付不良が1日前に先駆する場合もある。水変りがおこり回復するまでの期間を水変りの継続期間とすると，昭和 30 年中に前述の6面の養鰻池で見られた 36 例の水変りは Table 3. の通りであつた。

Table 3. The duration of a "Mizukawari"

1つの水変りの継続時間 Duration in day（日）	例数 No. of "Mizukawari"
4〜 7	3 (8.3%)
7〜14	21 (58.3)
14〜21	8 (22.2)
21〜28	1 (2.8)
28〜35	2 (5.6)
35〜37	1 (2.8)
計	31 (100%)

最も早く回復したのは4日間で，最も長期に亘つたのは 37 日間であつたが，全体的に見ると，7〜14 日間のものが圧倒的に多く，58 % を占め，次いで 14〜21 日間のものが 22 % を占め，全体の約9割が 21 日以

内に回復している。これは輪虫類，特に *Br. plicatilis* が大増殖をはじめてから斃死するまでの1増殖期間とほぼ一致し，20日から37日間継続した水変りは，その間に *Br. plicatilis* 又は *Pedalia fennica* が2回大増殖をした場合であり，最初の水変りが充分に回復しない中に，次の輪虫類の大増殖がおこつている。(例: K_1 池の第3次水変り; K_2 池の第3・4次水変り; H 池の第2次水変り)。稲葉 (1937) によると，静岡県浜名湖地方における水変りの継続期間は約1週間位であるという。本研究の結果も全体的にはそれとよく一致している。

C. 水色の変化系列

養鰻池の水色は植物性プランクトンの夥しい繁殖，所謂植物着色に支配されることが最も大きく，従つて水色は優占種によつてやや異り，*Chroococcus*, *Merismopedia*, *Euglena* は深緑色，*Cyclotella* は緑褐色，*Chaetoceros* は黄褐色の色調を与えるが，全体的に見ると，植物性プランクトンは緑色系の水色になる。動物性プランクトン，特に大増殖をする輪虫類も水色に影響をあたえ，*Br. plicatilis* の大集団は黄褐色を呈し，餌料としての植物性プランクトンが欠乏して来ると，その体は無色に近くなり実際の養鰻池においてはやや乳濁味を与える。*Br. calyciflorus* 並びに *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* の大集団は著しい乳白味となる。風，水車，養殖魚の活動等により底泥の泥粒子が水中に浮游した場合には水色は黒褐色を帯びる。鉄を多量に含有した地下水を多量に注入した場合には Fe^{++} が酸化されて赤褐色の水酸化物・酸化物となつて一時池水中に浮游し，そのため池水は乳赤褐色を帯びる場合もある。バクテリヤが大増殖した場合にも池水は乳濁するのではないかと考えられるが確認するに至つていない。従つて池水の水色はこれらの諸要因が複合されて生ずるものであり，甚だ複雑である。また水変り時における水色の変化系列も単純ではないが，前述の津市の6面の養鰻池の水変り時における水色の変化系列は全体的には次の3系列に分けることが出来る。

1) 深緑色→緑褐色→黄褐色（乳濁味)→透明
2) 黄緑色→黄褐色→透明
3) 緑褐色→乳黄褐色→透明

第1の変化系列は植物性プランクトンが著しく増殖していた場合の水変り時に見られるもので典型的なものであり，また水変りの程度も大きい場合である。稲葉 (1937) によると静岡県浜名湖地方の水変り時にもこの変化系列をたどり，その被害も大きい場合という。稲葉 (1954) も水変り時には水色は緑色系から褐色系に変ることを報告している。伊藤 (1955 a, b; 1956 c) は実験室内における *Br. plicatilis* の大増殖とその植物性プランクトンの捕食作用によるも水変り時の水色の変化系列は，緑色→黄緑色→黄褐色→透明となり，これは緑色系の色調を与える植物性プランクトンと黄褐色の色調を呈する *Br. plicatilis* との量的混合割合によつてこのような変化系列をたどると考えた。

第2の変化系列は水変り前の植物性プランクトンの少い場合の *Br. plicatilis* の増殖を伴つた水変りに見られたもので，被害の大きくない軽度の水変りの場合であつた。

第3の変化系列は輪虫類の大増殖を伴つた水変りの場合で，輪虫類が大増殖し，逆に植物性プランクトンが殆んど消滅し，池水は緑色系から黄褐色が顕著になるが，その上白濁味を帯びて，その後透明になつて来るものである。この白濁味は第1・第2の変化系列にも黄褐色の時期に多少見られるが，その著しいものである。この白濁味は三重県養鰻池に

おいては輪虫類の *Brachionus calyciflorus* 並びに *K. cruciformis* var. *elchwaldi* の大増殖を伴つた水変り時に顕著であるので，恐らくこれらの輪虫類の大集団に原因しているものではないかと考える。しかし *Br. plicatilis* の大増殖の場合の水変り時には野外の養鰻池で池水が透明になる前に多少の白濁味があるが，実験室内のガラス容器の透過光線では殆んど気付かれなかつた。或いはバクテリヤの大増殖の疑問もあるが，この乳濁の正体については今後検討さるべき問題であろう。

D. 透 明 度

養鰻池の透明度は植物性プランクトン量に支配されることが最も大きく，動物性プランクトン特に輪虫類，繊毛虫類の大増殖，砂泥粒子の浮游，バクテリヤの大増殖，地下水の注入による Fe^{++} の酸化による水酸化物，酸化物の懸游も影響を与える。一般に養鰻池は過栄養型に属し，植物性プランクトンの生産は驚くべきものであり，正常で好調の池では透明度は 10〜30 cm 位である。水変りには植物性プランクトンの急激な減少に伴つて透明度は急に増大し，軽度の水変りには透明度は 40〜50 cm，大きい水変りには 60〜97 cm 位となり池底まで透視出来るようになる。しかし軽微な水変りには透明度は殆んど変化しない場合もある。水変り時における透明度の変化速度を見ると，全体的には植物性プランクトン・pH・溶存酸素等の減少速度と並行しているが，輪虫類の大増殖を伴つた水変りにおいては，K_1・K_2・K_3 池の第1次水変りに明かのように，池水の pH，溶存酸素，植物性プランクトンの最低から約1週間近くおくれて透明度の最大が見られる。これには輪虫類の個体数密度が関係していると思われる。即ち輪虫類の大増殖のために透明度は植物性プランクトン量の最低にも拘わらずそれ程大きくならず，最大密度からの急激な斃死後，その個体数密度が最小になつたとき透明度が最大になるためと考える。しかし植物性プランクトンが水変り後，早期に再び増殖した場合にはこの傾向性は不明瞭になる。従つて透明度の点から見ると，透明になつた時期は既に水変りは盛期を過ぎ，回復に向つていると考えてよい。この点は従来注意されていないが重要なことである。

E. 池水の pH

植物性プランクトンがよく繁殖し緑色を呈する正常な養鰻池の池水の pH は，プランクトン植物の炭酸同化作用によつて pH は日中は著しく高くなり，9.0〜9.6 位は普通に見られる。しかし水変り時には急激に低下し，斃死を伴つた大きい水変りには pH は 7.1〜7.4 を示し，軽度の水変りには 7.5〜7.9 位である。ウナギの餌付不良・鼻上げ・斃死等の見られない場合の池水の pH は 8.0 以上である。水変り池の pH の日週変化は殆んど認められず，且つ 8.0 以上になることもない（伊藤・岩井，1956，第4報)。従つて池水の pH は水変り判定の有力な目安となり，日中の pH が8以下の場合には先ず水変りが異常の場合と考えてよい。これらの結果は稲葉（1937）が浜名湖地方の養鰻池群について帰納した結果とよく一致する。

F. 池水の溶存酸素

植物性プランクトンのよく増殖した養鰻池では，その顕著な炭酸同化作用によつて多量の酸素が放出され，池水の酸素含有量は日中は極めて多量であり，本研究の観測資料中の最大は，昭和 30 年9月 13 日に K_1・K_2 池に見られ，溶存酸素量は夫々 20.2 cc/L（382 %），19.8 cc/L（386 %）で，いずれも *Euglena* が夥しく増殖していた場合であつた。正常の池では午前 10〜12 時の観測結果によると，全体的には 5 cc/L（90 %）から 15.4

cc/L (274 %) の間にあり，溶存酸素は飽和か過飽和である。しかし水変り時における溶存酸素の急激な減少は pH と同様に極めて顕著であり，水変り判定の大きい目安となる。水変り時の最低酸素量と水変りの程度との関係を細かく規定することは，斃死時期と観測時が完全に一致せず，且つ変化のテンポの早い水変りであるので，これらの点については将来の研究に俟つことにして，ここでは全体的の記述に止める。餌付不良，鼻上げ，斃死を伴つた水変りの溶存酸素量はいずれも 3 cc/L 以下であつた。従つて日中の酸素量が 4 cc/L 以下の場合は水変りか異常の前兆と考えてよい。また水変り池における溶存酸素の日週変化は極めて微弱であることは既に報告した (伊藤・岩井, 1956, 第 4 報)。

G.　他の水質要素

水変り前後における栄養塩類並びに他の水質の変化を見ると，NH_4–N, PO_4–P は大きい水変りには顕著に増加する場合が多い。しかし軽度の水変りには増加，無変化，逆に減少の場合もあり一定の傾向性はない。$KMnO_4$ 消費量は水変り時には逆に減少する傾向がある。これは植物性プランクトンの減少が関係していると思われる。アルカリ度は水変りとは，はつきりした関係はなく，養殖季節が進むと共に徐々に増加している。

H.　動物性プランクトン

6 面の養鰻池のプランクトン動物は，橈脚類 3 種，枝角類 1 種，輪虫類 9 種，原虫類 1 種 (量的に顕著なもの)，幼生類 2 種，計 17 種で，大半は汽水産のものである。各池のプランクトン動物相は極めて単調である。しかし量的には極めて豊富である。昭和 29 年 5 月から 12 月に亘る定量採集の結果の中から各種の最大密度を摘記して Table 4 に示した。表に明かのように全体的には輪虫類の個体数密度が最も大きい。特に汽水産輪虫の *Brachionns plicatilis* が圧倒的に多く，最大個体数密度は 21〜96 個体/cc を示した。その他大増殖をする輪虫類には *Kertella cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Pedalia fennica* 等がある。全輪虫類の最大個体数密度は 30〜96 個体/cc である。また季節的に見ても，5 月〜11 月の温水期にはどの池でも輪虫類が圧倒的であり，個体数の点から輪虫類が 90〜100 % を占め，その輪虫類の中では *Br. plicatilis* が最も卓越し 6 月上旬から 11 月までは全輪虫類の 90〜100 % を占めていた。5 月〜6 月上旬には *Br. plicatilis* の大増殖に先立つて，*K. cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br, angularis* 等の増殖が目立つている。そしてその後は *Br. plicatilis* と *Pedalia fennica* の汽水性輪虫類のみになり，偶発的に繊毛虫の *Euplotes* sp. がやや増殖する場合が見られた。

津市江戸橋附近の 6 面の養鰻池の動物性プランクトンは輪虫類の *Br. plicatilis* で代表され，どの池についても圧倒的な優占種である。*Br. plicatilis* は $O_1 \cdot O_2 \cdot H$ 池では 5 月上旬，$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ 池では 6 月上旬から出現し増殖をはじめている。水温の点からは 17〜20°C である。その後 10 月下旬 (W.T. 17.8〜19.0°C) まで度々大増殖し，11 月下旬から 12 月下旬 (W.T. 9〜13°C) には池水から全く消滅する。従つて *Br. plicatilis* の出現は 17〜20°C 以上，大増殖は約 20°C 以上，消滅は約 10°C 以下ではないかと思われる。水変り時には殆んど例外なく *Br. plicatilis* の大増殖が見られ，その他の *K. cruciformis* var. *eichwaldi*, *Pedalia fennica*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris* が 5〜6 月頃に大増殖している場合もある。水変り時における *Br. plicatilis* の個体数密度は種々であるが，全体的には 10 個体/cc 以上で，20〜40 個体/cc は普通で，特に 96 個

Table 4. The maximum density of zooplankters in six eel-culture ponds, Tsu-City, in May～Dec. 1955.
The figures indicate the number of individuals per 100 cc.

Species	Pond					
	K_1	K_2	K_3	O_1	O_2	H
Copepoda						
Sinocalanus tenellus		2				
Pseudodiaptomus inopinus		8	8	12	9	8
Paracyclopina nana			4	17	5	8
Copepodid (Copepoda)	26	13	35	101	51	25
Nauplius (〃)	352	57	207	353	424	291
Cladocera						
Moina dubia						9
Rotifera						
Brachionus calyciflorus						
Br. quadridentatus	922	1096	441	12	8	74
Br. urceolaris	54	173	1532	4	4	9
Br. plicatilis	2968	5038	8567	9630	2070	5141
Br. angularis	44	20	24			8
K. cruciformis var. *eichwaldi*	1963	543	606	567	2218	8
Pedalia fennica	319	153	147	172	673	1142
Callidina sp.	840	1075	740	194	58	53
Others			29			299
Total rotifers	4378	5038	8567	9630	2988	5157
Protozoa						
Euplotes sp.	144	42		576	539	651
Larvae						
Balanus nauplius	4		4			
Polychaeta larva	12	38	23	4	9	

体/cc の場合もあるが，100 個体/cc をこえる場合は見られなかつた。そして水変り以外の正常時にも最低 1～4 個体/cc 程度に常に存在し決して断続は見られなかつた。*Br. plicatilis* の増殖週期はこの観測資料からは正確に定めることは出来ない。しかし全体的な傾向としては 14 日から 21 日間隔に大増殖するのが大半を占めていた。*Br. plicatilis* の耐久卵の著しい形成が大増殖時に見られることは第 5 報（伊藤・岩井，1956）並びに第 6 報（伊藤，1957）に報告した。実際の養鰻池ではその耐久卵がいつ，どの位形成されるかを知ることは，この輪虫の増殖を考える上に極めて重要である。酸素瓶に採水した *Br. plicatilis* の D♀（耐久卵を体内に持つた♀）の出現状況とその量は Figs. 4, 7, 10, 13, 16, 19 並びに Table 5 に示した。

D♀ は O_1・O_2・H 池では 5 月の大増殖から 11 月中旬まで見られ，K_1・K_2・K_3 池では 6 月初旬の大増殖から見られはじめ 11 月中旬までプランクトン中に出現した。従つて *Br. plicatilis* の耐久卵はその増殖全期間中絶えず形成されていることが分る。D♀ の個

Table 5. The occurrence of D♀ of *Brachionus plicatilis* in six pond waters, in 1955.
卌, 30〜20; 卄, 20〜10; +, 10〜1; ±, very rare/100 cc; −, not found.

Pond	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
K_1	−	+	卄	+	+	卌	卌	−
K_2	−	卄	+	+	+	卄	卄	−
K_3	−	卄	卄	卄	卌	卌	+	−
O_1	卄	+	+	+	卄	卄	卄	−
O_2	卄	+	+	+	卄	卌	卄	−
H	卌	+	+	卄	±	+	−	−

体数密度はしかしながら，9月〜11月，特に10月に最も多く，またこの輪虫の大増殖時に大きい。D♀の最大密度は4〜48個体/100 ccであつた。従つて *Br. plicatilis* は温水性種に属し，多輪廻性に属すると考えられる。5月〜11月に池中で形成された耐久卵は年内に孵化するかどうか。孵化するとしたら形成されてからどの位の“眠りの期間”を要するかは，この輪虫の増殖に対し，また水変りとの関連を考える上にも大事なことであるが，これらはこれからの研究課題の一つである。

要するに，水変りのおこる期間は輪虫類，特に *Br. plicatilis* の増殖する時期とよく一致し，また水変り時には例外なくこの輪虫の大増殖が随伴し，輪虫類の動きと水変りとはよく一致していることは注目すべきものである。

I. 植物性プランクトン

6面の養鰻池において昭和30年5月から12月に亘る調査期間中，プランクトン植物として，藍藻類8種，緑藻類12種，硅藻類8種，計29種が見出された。大部分のものは淡水産のもので1部は汽水産に属する。各種の最大密度は Table 6 に示した。最も量的に卓越しているものは藍藻類に属する *Chroococcus dispersus*, *Merismopedia tenuissima* である。前者は6面のどの池でも優占種であり，最大602万細胞/cc に達した。後者は O_1・O_2・H 池に卓越し，特に H 池ではこれが優占種で最大645万細胞/cc に達した。この藍藻類の2種に次いで，緑藻類の *Ankistrodesmus falcatus*, *Euglena* sp. *Coelastrum microporum*, *Scenedesmus tetradesmiformis*, *Oocystis borgei* 等であり，これらの最大密度は10万〜100万細胞/cc 程度である。硅藻類として卓越したものは，*Cyclotella glomerata*, *Nitzschia closterium*, *Chaetoceros* spp. で，それらの最大密度は1万〜20万細胞/cc 程度である。従つてこれらの6面の養鰻池の植物性プランクトンは淡水産藍藻類 *Chroococcus* 並びに *Merismopedia* によつて代表されているといつてよい。これらの養鰻池群の植物性プランクトンの第2の特徴は，小型の micron-algae より成つている点である。即ち優占群 *Chroococcus*, *Merismopedia*, *Ankistrodesmus* 等の群体は極めて小さく，*Br. plicatilis* の捕食可能限界の15 μ（伊藤・岩井，1957，第7報）以下の nannoplankton に属している。第3に重要なことは，水変り時における輪虫類，特に *Br. plicatilis* の大増殖と逆にプランクトン植物の著しい減少，或いは消滅の見られることである。この水変り時における micron-algae の減少並びに消滅は，輪虫類の捕食作用が有力な原因であることは，第1報〜第2報，第5報〜第7報の実験的研究の結果によつて明

Table 6. The maximum density of phytoplankton in six eel-culture pond, Tsu-City, in May～Dec. 1955.
The figures indicate the cell numbers × 10^4 per cc.

Species	Size of algae μ	Pond					
		K_1	K_2	K_3	O_1	O_2	H
Cyanophyceae							
Chroococcus dispersus	2～6	444.3	601.9	437.2	282.9	304.0	166.9
Merismopedia tenuissima	5～30	2.2			33.3	85.8	644.9
Gloeocapsa sp.	15				0.5		14.8
Spirulina sp.	2×30				Tr.	0.3	0.3
Chroococcus sp.	20～30				4.1	1.5	0.7
Microcystis aeruginosa	>100				Tr.	Tr.	0.6
Anabaena spiroides	7×40	Tr.	Tr.	0.3			
Coelosphaerium Kuetzingianum	20～30		11.7				
Chlorophyceae							
Euglena sp.	8×20	39.6	40.5	7.0	1.3	1.3	1.3
Chlamydomonas sp.	3～6	10.8	8.3	13.1	2.5	11.2	4.0
Coelastrum microporum	30～50	2.0	1.5	1.1	34.6	33.5	5.7
Oocystis crassa	10～30	4.4	10.9	1.9	1.7	3.2	
O. borgei	10～30						93.9
Scenedesmus quadricauda	6～12	Tr.	0.2		Tr.		5.5
Sc. tetradesmiformis	25～45	12.1	10.9	11.9	Tr.		2.7
Kirchneriella lunaris	6～9		0.5	0.2	1.1	1.3	
Dictyosphaerium pulchellum	12×15	14.4	5.4	8.1	11.6	14.9	
Ankistrodesmus falcatus	2×20	32.8	129.4	137.1	10.2	1.5	54.1
Micractinium pusillum	30～40	3.7	1.0	1.8			16.6
Crucigenia rectangularis	6～9	0.4	2.9	1.6			4.5
Tetrastrum staurogeniaeforme	10～15					1.3	
Diatomaceae							
Nitzschia closterium	5×60	7.9	3.9	4.9	0.2	0.3	4.1
Cyclotella glomerata	4～10	1.3	6.6	5.9	14.5	23.6	17.9
Chaetoceros spp.	30×50	10.1	1.0	19.2	15.4	3.1	0.3
Navicula sp.	4×12	1.0	6.5	4.6	0.6		0.5
Cymbella sp.	10×30				0.3		0.6
Amphora sp.	15×50				0.1		
Synedra sp.	5×40				Tr.		
Pleurosigma sp.	15×100		Tr.	Tr.			
Total cell numbers		478.1	737.3	578.9	289.8	319.7	668.8

かであり，また大型プランクトン植物の生理に対しては水変り池水の異常水質が大きい影響を与えるのではないかと思われる。最後に水変りが充分に回復しない池水に先ず出現するプランクトン植物は多くの場合，硅藻類の *Chaetoceros similis*, *Cyclotella glomerata*, 緑藻類の *Micractinum pusillum*, *Coelastrum microporum* であつた。特に *Chaetoceros similis* は大部分の場合，水変りの回復の先駆をなしている。従つてこの硅藻は水変りの

回復の一指標になるのではないかと思われる。

2. 水変りの程度について

津市江戸橋地区の6面の養鰻池において，昭和 30 年中に見られた大少 36 の水変りは，その被害の状況によつて次のような水変りの程度に分けられる。勿論この水変りの程度の分類は便宜上のもので，今後多くの資料を得た上で，更に検討すべきものである。分類の基準は前に掲げた。

水変りの程度	水変りの例	
第 I 級	K_1 池の第5次；K_2 池の第5次	(2)
第 II 級	O_1 池の第3次；O_2 池の第3次	(2)
第 III 級	K_1 池の第1次・第2次・第3次；K_2 池の第1次・第2次・第3次；K_3 池の第1次・第2次	(7)
第 IV 級	K_3 池の第5次；O_1 池の第1次・第2次・第6次；O_2 池の第1次・第2次・第6次；H 池の第1次・第2次・第4次	(10)
第 V 級	——	(0)
第 VI 級	K_1 池の第3次・第6次；K_2 池の第3次・第4次・第6次；K_3 池の第3次・第4次・第6次；O_1 池の第4次・第5次・第7次；O_2 池の第4次・第5次・第7次；H 池の第4次	(15)
	計	36

斃死魚を見た第 I 級〜第 III 級の水変りが全体の約 1/3 を占めている。また第IV級（鼻上げ）以上の水変りが全体の 1/2 以上を占めている。しかも同一の池においても第IV級以上の水変りが半数以上を占め，3回以上見られている。これらの点から見て津市江戸橋地区の養鰻池では水変りの頻度も程度も全体的に大きいといえる。

水変りの程度を決定する要因は現在明かにされていない。仮説的にはその要因として，水変りの速度と変化量，養殖魚の水変り前における生理状態，有毒性物質の生成速度と生成量，気象条件，溶存酸素その他の日週変化と水変りとの重なり合いの状態等が考えられる。第1の水変りの速度と変化量は輪虫類の大増殖が原因をなしている水変りにおいては，輪虫類の増殖速度と増殖量，従つてプランクトン植物の減少速度と減少量，プランクトン植物の大きさの量的組成，捕食可能なプランクトン藻類の量，水温等が大きい影響を与えるであろうことは，現在までの一連の実験的研究から推論出来る。しかし水変りの程度を決定する要因の解析は今後に解明さるべき重要問題である。

3. 水変りの原因について

津市江戸橋地区の6面の養鰻池において，昭和 30 年中に見られた前述の水変り，特に鼻上げ以上の程度の大きい水変りは，5月から 10 月下旬の水温 17〜20°C 以上の暖水期のみに限つて見られ，それ以下の冷水期には全く見られない。この水変りの時期は輪虫類の増殖期と一致している。特に水変り時には例外なく輪虫類，特に *Brachionus plicatilis*, 次いで *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Pedalia fennica*, 稀に繊毛虫類の *Euplotes* sp. の大増殖が見られ，水変りの生起，経過，回復は輪虫類の動きと不可分の関係がある。そして輪虫類の大増殖と逆に植物性

nannoplankton は急激に減少するか，或いは殆んど消滅し，それに伴つて透明度は著しく大きくなり，池水の水色は典型的の場合には緑色→黄褐色→透明の変化系列をとり，pH は8以下に低下し，溶存酸素はおよそ 2 cc/L 以下に減少し，NH_4–N, PO_4–P 等は顕著に増加する場合が多い。以上の野外の養鰻池における水変りの実態は，津市内の *Chroococcu*, *Merismopedia* 等の micron-algae が優占種として著しくよく増殖した養鰻池の緑色池水を培養液とし，津市江戸橋の前記の K_2 池の *Br. plicatilis* を用い，野外調査と並行的に行つた一連の室内における実験的研究（第1・第2報；第5～第7報）の結果と全く一致している。従つて，これらの6面の養鰻池における輪虫類の異常増殖を伴つた水変りは，輪虫類の大増殖とその著しい micron-algae の捕食作用が直接的原因であると考えられる。田宮（1955）によると，*Chlorella* の野外大量培養において，栄養塩類を充分に加え，更に微量要素を添加した培養液に常時 2～5％の CO_2 を含んだ空気を供給しているにも拘わらず，5月から10月中旬に至る暖期に，*Diurella tigris*（輪虫類），並びに *Chilodonella cucullulus*（繊毛虫類）が異常発生し，*Chlorella* を1～2日の間に喰い尽してしまうという。この状態は養鰻池における水変りのそれと酷似している。これらの点から見て，上述の養鰻池における水変りは輪虫類の大増殖とその植物性プランクトンの捕食作用が最も大きい原因になるものと思われる。

VII 摘 要

本研究は津市江戸橋地区の養鰻池における水変りの実態を把握し，特に輪虫類の動きと水変りとの関係を明かにするために行われたものである。調査は昭和30年5月から12月中旬に亘り，水質，プランクトン，養殖魚の摂餌量，鼻上げ，斃死等について行つた。水変りは K_1・K_2・K_3 池では夫々大小6回，O_1・O_2 池では夫々大小7回，H 池では4回，計36回観測出来た。これらの水変りの実態の共通点は次のように要約される。

1) 水変りの時期: 水変りは5月から10月下旬に亘る水温 17～20°C 以上の暖期に限られ，冷水期には見られない。この水変りの時期は輪虫類，特に汽水産の *Brachionus plicatilis* の増殖期と一致する。

2) 水変りの継続期間: 1つの水変りがおこり回復するまでの期間は，最短4日，最長37日であるが，14～21日以内のものが大半を占めている。この水変りの継続期間は輪虫類の増殖から斃死までの1週期とほぼ一致し，水変りの最長37日はその間に輪虫類の増殖が2回見られた場合である。

3) 水色の変化系列: 水変り時における水色の変化系列はやや複雑であるが，典型的な大きい水変りには多くの場合，緑色→緑褐色→黄褐色(やや白濁味)→透明の変化系列をとつた。これは植物性プランクトンと捕食者としての輪虫類との量と，それらの混合割合が基本的の要因であることが推論された。

4) 透明度: 正常な養鰻池においては，植物性プランクトンの著しい生産によつて，池水の透明度は普通 10～30 cm 位であるが，水変り時には植物性プラクトンの急激な減少に伴い，透明度は急激に増大し，軽度の水変りには 40～50 cm，大きい水変りには 60～97 cm 位となる。従つて透明度は水変りの指標の一つになる。

5) 池水の pH: 正常時には池水の pH は日中9以上になるのが普通である。しかし水変り時には急激に低下し，大きい水変りには 7.1～7.4；軽度の水変りには 7.5～7.9

になる場合が多い。従つて池水の pH も水変りの指標として重要である。

6) 溶存酸素: 正常時においてはプランクトン植物の炭酸同化作用により日中には池水の溶存酸素は過飽和であるのが普通であるが，水変り時には pH と同様に急激に低下し，大きい水変りには最低 1 cc/L 以下，軽度の水変りには 2 cc/L 以下，軽微な水変りには大体 4 cc/L 以下である。従つて日中の溶存酸素が 4 cc/L 以下の場合には水変りか，異常の場合と考えられる。

7) 池水中の NH_4–N, PO_4–P は大きい水変りには顕著に増加する場合が多い。しかし軽度の水変りには増加，無変化，減少の場合もあり，一定の傾向性はない。$KMnO_4$ 消費量は水変り時に減少する。これは植物性プランクトンの減少によるものと思われる。アルカリ度は水変りとは，はつきりした関係はなく，養殖季節の進行と共に徐々に増加する。

8) 動物性プランクトン: 給餌期間中においては，輪虫類が最も卓越し，常時全プランクトン動物の 90〜100 % を占め，その輪虫類中では汽水産の *Br. plicatilis* が全輪虫類の 90〜100 % を常に占め圧倒的な優占種である。これに次いで重要なものは，*K. cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Pedalia fennica* 等である。輪虫類の動きと水変りとの間には不可分の関係があり，水変り時には例外なく輪虫類，特に *Br. plicatilis* の大増殖が見られ，最大密度は種々であるが，96 個体/cc に達する場合もある。これらの輪虫類の増殖速度と増殖量が，水変りの速度とその程度に大きく影響しているように思われる。

9) 植物性プランクトン: 中鹹性汽水に属する江戸橋地区の 6 面の養鰻池の植物性プランクトンは量的には藍藻類の *Chroococcus dispersus*, *Merismopedia tenuissima* 等の極めて小型の，所謂 nannoplankton が圧倒的に多く，*Microcystis* は欠くか，或いは少量で，その他の大型プランクトン植物も量的には少い。水変り時には輪虫類の大増殖とは逆にプランクトン植物は急激に減少するか，或いは消滅する。この減少は輪虫類の捕食作用が有力であると思われる。水変りの回復の先駆をなすプランクトン植物は硅藻類の *Chaetoceros similis*, *Cyclotella glomerata*, 緑藻類の *Micractinium pusillum*, *Coelastrum microporum* である。特に *Chaetoceros similis* は水変りの回復の指標種となる。

10) 上述の水変りの実態は，この野外調査と並行して行つた一連の実験的研究（第 1・第 2 報；第 5〜第 7 報）の結果とよく一致する。従つてこれらの養鰻池の水変り，特に輪虫類の大発生を伴つた大きい水変りは，輪虫類，特に *Br. plicatilis* の大増殖とその著しい植物性プランクトンの捕食作用が直接的原因と考えられる。

文　　献

稲葉伝三郎 (1934). 養魚池の水変りとプランクトン. 養殖会誌, Vol. 4, No. 9, p. 159〜164.

稲葉伝三郎・清水定明 (1936). 養鰻池の水変りとプランクトン. II. 水変り前後におけるプランクトンの消長. 養殖会誌, Vol. 6, No. 9/10, p. 167〜170.

稲葉伝三郎 (1955). 養鰻池の水変りについて. 鰻のシンポジウム, p. 1〜4.

稲葉　峻 (1937). 養鰻池の水変りに関する予察的研究. 魚介類斃死原因調査報告, 第 II 報. 静岡県水産試験場浜名湖分場, p. 39.

稲葉　峻・山本精二 (1938). 養鰻池における水変りの水質とプランクトンの研究. 魚介類斃死原因調査報告, 第 III 報. 静岡県水産試験場月報, No. 6, p. 10〜23.

稲葉　峻・清石礼蔵 (1942). 鰻養殖に関する研究. 静岡県水産試験場浜名湖分場, pp. 30.

板沢靖男 (1957). 養魚池水の溶存酸素定量法に関する若干の検討. 日水会誌, Vol. 23, No. 1, p. 27〜32.

——— (1957). 養魚池水溶存酸素量の日中変化と植物プランクトン密度，魚の飼養密度及び日射量との関係. 日水会誌, Vol. 22, No. 11, p. 685〜693.

伊藤 隆 (1955 a). 三重県養鰻池における水質とプランクトンとの関係. 鰻のシンポジウム. p. 19〜30.

——— (1955 b). 養鰻池の水変りに関する研究. I. Brachionus plicatilis (輪虫類) によるプランクトン植物の捕食作用 (水変りの一因として). Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of mie. Vol. 2, No. 1, p. 156〜161.

——— (1955 c). 養鰻池の水変りに関する研究. II. Brachionus plicatilis による水変りにおける $pH \cdot O_2$ の変化. Ibid. Vol. 2. No. 1, p. 162〜167.

——— (1956 a). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅲ. 水変り池の Brachionus plicatilis に対する晒粉・硫酸銅・消石灰・海水並びに淡水の致死濃度. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 317〜324.

伊藤 隆・岩井寿夫 (1956 b). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅳ. 水変り池における Brachionus plicatilis の垂直分布. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 325〜334.

———・——— (1956 c). 養鰻池の水変りに関する研究. V. Brachionus plicatilis による "水変り" 過程における水質の変化. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 335〜346.

伊藤 隆 (1957 a). 養鰻池の水変りに関する研究. VI. Brachionus plicatilis の増殖とプランクトン植物量との関係. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 502〜508.

伊藤 隆・岩井寿夫 (1957 b). 養鰻池の水変りに関する研究. VII. Brachionus plicatilis の捕食作用とプランクトン植物の大きさ. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 509〜516.

伊藤 隆 (1957 c). 伊勢湾西岸養鰻池の塩分とプランクトン動物相. Ibid, Vol. 2, No. 3, p. 473〜501.

松江吉行・平野礼次郎 (1956). 水中の総炭酸量と植物プランクトン繁殖との関係について. 陸水雑, Vol. 17, No. 4, p. 133〜140.

三宅泰雄・松居秀夫 (1943). 水の化学分析法. pp. 282.

中村中六 (1954). 養魚池透明度の一表現法. 日水会誌, Vol. 19, No. 11, p. 1096〜1097.

——— (1955). アオコの濃さと水中の明るさ. 鰻のシンポジウム. p. 9〜17.

野口 博 (1955). 養鰻研究の 2, 3 の例について. 鰻のシンポジウム (Ⅱ). p. 10〜14.

菅原 健 (1942). 陸水化学, 化学実験学, 第1部, 地球化学, p. 515〜594.

田宮 博 (1955). クロレラの大量培養に関する諸問題. 化学の領域, Vol. 9, No. 11, p. 697〜703.

吉村信吉 (1939). 湖沼学, p, 41.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1. October 30, 1958.

養鰻池の水変りに関する研究

IX. 冬期の水変りについて

伊　藤　　隆・岩　井　寿　夫
(三重県立大学水産学部陸水学教室)

Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

IX. On a "Mizukawari" Occurred in Winter Time

(*With Figs. 1–2, Tables 1–5*)

TAKASHI ITO and TOSHIO IWAI

Limnological Laboratory, Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie

Résumé

The "Mizukawari" in an eel-culture pond is mostly limited to occur within the months of warm water and never been observed at the rare time of winter. But the authors could successfully observe it at an eel-culture pond in the north of Tsu City, Mie Prefecture (area 80 a, depth 1.1 m, chlorinity of the water 2.4–2.6‰) in the middle of December in 1955, when W. T. 7.2–12.2°C.

At this "Mizukawari" the cultured eels showed a remarkable surfacing, when the dissolved oxygen of the water was 0.66 cc/*l* at the least, pH 7.5, and the transparency of the water showed 45 cm at the highest. The peculiarly obvious phenomenon at that time was that *Strobilidium gyrans* (Ciliata, Protozoa) explosively increased and the maximum population density showed 2200 individuals /cc. That surfacing phenomenon of the cultured eels there would be caused by the explosive reproduction of *Strobilidium*.

緒　　論

養鰻池の"水変り"は静岡県浜名湖地方では，初夏青葉の候 (5～6 月) と秋の彼岸後から 11 月までの 2 回の時期に見られ，特に被害の大きいのは 5～6 月である (稲葉 1937)。三重県津附近では水変りは，5 月から 10 月下旬に亘る水温 17～20°C 以上の暖期に見られ，11 月～4 月の冷水期には水変りは見られないのが普通である (伊藤，1955; 伊藤・岩井，1958)。従来寒期における水変りの報告されたのを知らない。

筆者等は偶々昭和 30 年 12 月中旬の大雪の日に，津市内の一養鰻池で"水変り"を観測し得たので，水変り前の状態が明かでないので充分ではないが，その実態について報告し，この冬期の水変りの原因について考察したい。本研究にあたり種々の助言を与えられた本学水産学部長岡田弥一郎教授，並びに繊毛虫類の同定に関し教示戴いた国立横浜大学学芸学部斎藤実助教授に謝意を表します。また野外調査に色々の便宜と協力を惜まれなかつた池の所有者大橋義男・黒宮正郎両氏に感謝します。

本研究の一部は昭和 30 年度文部省科学研究助成会によつたものであり，また本研究の

大要は日本陸水学会大会（昭 31. 7月，前橋）において発表したものである。

池の概況

冬期の水変りは津市島崎町　大橋義男氏所有の養鰻池に見られた。この池は志登茂川下流南岸に位し，水深 1.1 m，80 アール (2400 坪)を有する。池水の塩素含有量は 2.39〜2.55‰ で，α-中鹹性汽水に属する。昭和 29 年 1 月から 12 月に亘るこの池の水質・プランクトンの年変化，特に水変りについては伊藤 (1955) が，昭和 30 年夏季の水変りについては伊藤・岩井 (1956) が既に報告した。顕著な水変りは 6，7，8 月の夏季に見られ，輪虫類の *Brachionus plicatilis*, *Br. angularis*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris* の大増殖が見られている。しかし従来寒期の水変りはこの池では見られていない。

調査方法

12 月 15 日午前 8 時に連絡があつたので，9 時 30 分から観測をはじめ，同日午後，16 日，17 日，18 日，22 日と水質・プランクトン・養殖魚の状態を追跡した。

採水は西牧式注射器（容量 100 cc）により，表層（水面下 3 cm），中層（50 cm），底層（底から 3 cm）の 3 層から採水した。pH は比色法により，溶存酸素は Winkler の沃素滴定法により，水温は寒暖計を直接注射器中に指し込み測定した。その他の水質は表層水のみについて常法（伊藤・岩井，1956; 1958）によつて分析した。動物性プランクトンは表層水 10 l をプランクトン・ネット (No. ××10) で沪過し，フォルマリンを加えて固定し，遠心分離器にかけて沈澱させ，5 cc に濃縮し，その中の 0.5 cc を計数盤に移し，全個体数を種類別に計数し，池水 10 l あたりの個体数を算出した。植物性プランクトン並びに繊毛虫類の *Strobilidium gyrans* は西牧式注射器により前述の 3 層から容量約 100 cc の酸素瓶に採水し，フォルマリン 20 滴を加えて実験室に放置し，充分沈澱した後上澄液を棄て，遠心分離器 (2000 回/分，10 分間) にかけて沈澱させ，計数に供した。繊毛虫類の *Strobilidium* は 10 cc に濃縮したものから 0,1 cc をとつて計数盤上で計数し，池水 100 cc あたりの個体数を算出した。プランクトン植物の計数には血球計算盤を用い，50 倍に濃縮したものについて計数し，池水 1 cc 中の細胞数として算出した。養殖魚については鼻上げの状態，水車並びに地下水注入附近における集合状態の変化を観察した。

観測結果

この冬期の水変り過程における池水の水質，プランクトン相，養殖魚の生活状況の変化は Tables 1〜5, Figs. 1〜2 に示した。

1. 養殖魚の状態

12 月 10 日までは餌付は良好で，13 日は小春日和で特に良好であつた。しかし 14 日には餌付皆無となり，15 日午前 7〜8 時頃からウナギの一部は池縁の石垣に水面直下附近まではい上り，鼻上げをし，またボラの大部分が鼻上げしたが，1 尾斃死浮上したのを目撃したのみで大量斃死は見られなかつた。16 日にはウナギは池辺の石垣から姿を消し，鼻上げは見られなくなり，ボラの鼻上げ現象も止んだ。15 日には終日ウナギの一部，ボラ，コイが水車に集合したが，16 日にはなくなり，ただボラ，コイの一部が地下水の注

入口に集合していたが，これも 17 日にはなくなつた。従つて養殖魚の異常状態は 17 日から見られなくなり，水変りも回復に向つたと考えられる。

2. 水　質 (Tables 1～2; Fig. 1)

a) 水色・透明度——水変り前にはこの池は緑色を呈していたが，12 月 15 日には暗緑褐色となり，16～17 日は白濁味を帯びた緑褐色となり，19 日からやや緑色を増し，黄緑色に変つた。透明度は水変り前は不明であるが，15 日には 45 cm と著しく大きく，16 日には 35 cm に回復し，その状態が 22 日まで続いた。

b) pH 並びに溶存酸素——水温は 15～16 日は高く，10.5～12.2°C で，17 日は大雪で 7.2～8.3°C に低下した。pH の変化は特徴的であり，水変り前の状態は明かでないが，この水変り池に膚接した黒宮養魚場第 2 号養鰻池（仮に M_2 池と呼ぶ）では 15 日午

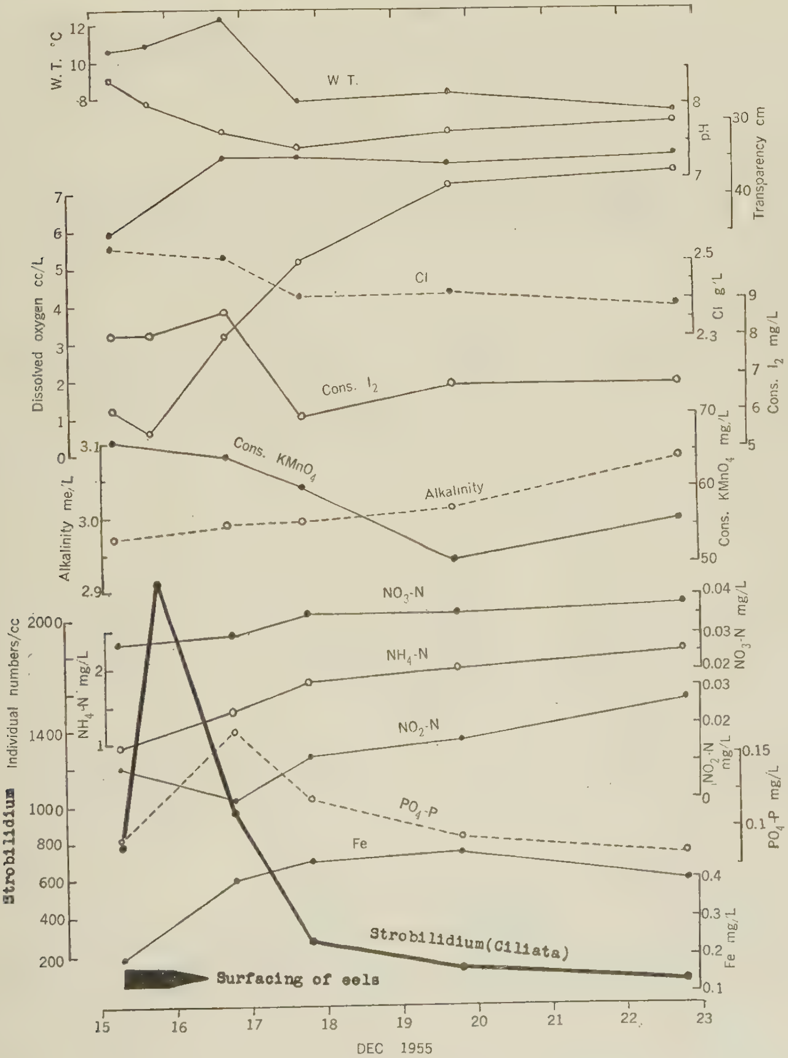


Fig. 1. The daily changes of some physico-chemical factors and *Strobilidium* (Ciliata) in the "Mizukawari" pond.

Table 1. The changes of physico-chemical factors in the process of the "Mizukawari" of OHASHI's eel-culture pond in Tsu-City, Mie Prefecture, Dec. 15～22, 1955.

Physico-Chemical factors	Date	"Mizukawari" Pond						Normal Pond
		Dec. 15 1955	Dec. 15	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 19	Dec. 22	Dec. 15
Time	h.m.	9.30	13.43	14.10	13.20	15.15	13.07	9.40
Weather		Cloudy	〃	Fine	Heavy snow	Fine	Cloudy	Cloudy
A.T.	°C	7.7	12.3	10.7	8.6	11.0	9.2	7.7
Depth	cm	110	110	110	110	110	110	98
Transparency	cm	45	46	35	35	36	35	28
Water-Colour		Dark greenish brown	〃	Milky greenish brown	〃	Yellow green	〃	Deep green
W.T.	°C	10.5	10.8	12.2	7.8	8.3	7.2	10.7
pH		8.4	8.1	7.7	7.5	7.7	7.8	9.1
Dissolved oxygen	cc/l	1.21	0.66	3.21	5.21	7.21	7.54	9.44
	%	15.4	8.5	42.5	62.4	87.4	89.0	116.7
Alkalinity	milliequiv./l	2.97	—	2.99	2.99	3.01	3.08	3.23
Cl	‰	2.55	—	2.53	2.42	2.43	2.39	3.83
Con. of I_2	mg/l	8.09	—	8·74	5.90	6.78	6.78	—
Fe	mg/l	0.16	—	0.37	0.42	0.44	0.36	0.086
NH_4-N	mg/l	1.00	—	1.48	1.86	2.00	2.22	0.132
NO_3-N	mg/l	0.029	—	0.031	0.037	0.036	0.038	0.029
NO_2-N	mg/l	0.009	—	tr.	0.012	0.016	0.027	tr.
PO_4-P	mg/l	0.096	—	0.167	0.120	0.094	0.084	0.072
Con. of $KMnO_4$	mg/l	66.8	〃	64.6	60.5	50.9	56.4	67.8
Cultured fishes		Gasping "Hanaage"	Gasping "Hanaage"	No gasping	〃	〃	〃	Good feeding

前9時 40 分には pH=9.1 であつた。しかしこの水変り池では同時刻に 8.4, 午後には 8.1, 16 日には 7.7, 17 日には最低 7.5 を示し，その後徐々に上昇し，22 日には 7.8 となつた。池水の溶存酸素量の変化は極めて顕著であり，前記の正常な M_2 池では，9.22 cc/l (116.7%) であつたが，15 日午前には，水変り池では 1.21 cc/l (15.4%)，午後には更に減少し，0.66 cc/l (8.5%) となり最低となり，16 日から顕著に増加し 3.21 cc/l (42.5%) となり，19 日には 7.21 cc/l (89.0%) となり，殆んど回復した。従つて pH と溶存酸素との最低は一致せず，pH の最低は溶存酸素のそれより 2 日程おくれている。

c) 沃度消費量——H_2S の一つの目安としての沃度消費量にも興味深い変化が見られた。水変りの程度の最も大きい 15〜16 日には沃度消費量は 8.1〜8.7 mg/l を示したが，17 日から急激に減少し，5.9〜6.8 mg/l になつた。

d) その他の水質——PO_4-P は水変りがやや回復に向つた 16 日に最大 0.167 mg/l に達し，その後徐々に減少した。これに対し NH_4-N, NO_2-N, NO_3-N, Fe アルカリ度は日と共に徐々に増加し，Cl は逆に減少している。上述の水質の変化は地下水注入の影響が大きいように思われる。

e) 水質の垂直分布——この水変り池における水温・pH・溶存酸素・沃度消費量の垂直的分布とその日々変化は Table 2 に示した。表に明かのように，水質は上・中・下の各層はほぼ同じで，著しい成層は認められない。これは池が浅く（約 1 m)，風，水車，養殖魚の活動等により池水が擾乱され，充分上下層が循環されることに原因していると思われる。

Table 2. Vertical stratifications of some chemical factors in the "Mizukawari" eel-culture pond. Depth 110 cm.

Stratum	Factors		Dec. 15 1955	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 19	Dec. 22
Surface (30 cm)	Time	h.m	13.40	14.10	13.20	15.15	13.07
	W.T.	°C	10.8	12.2	7.8	8.3	7.2
	pH		8.1	7.7	7.5	7.7	7.8
	Dissolved oxygen	cc/l	0.66	3.21	5.21	7.21	7.54
		%	8.5	42.5	62.4	87.4	89.0
	Con. I_2	mg/l	8.09	8.76	5.96	6.78	6.78
Middle (50 cm)	Time	h.m	13.30	14.00	13.10	15.05	12.57
	W.T.	°C	11.4	12.0	8.4	8.3	7.8
	pH		8.1	7.7	7.5	7.7	7.8
	Dissolved oxygen	cc/l	0.85	3.16	5.26	7.14	7.47
		%	11.1	41.7	63.9	86.5	89.5
	Con. I_2	mg/l	9.27	10.53	7.30	5.66	6.77
Bottom (107 cm)	Time	h.m	13.25	13.48	13.00	14.55	12.47
	W.T.	°C	11.0	11.9	8.6	8.3	7.9
	pH		8.1	7.7	7.5	7.7	7.8
	Dissolved oxygen	cc/l	0.81	3.17	5.36	7.28	7.46
		%	10.5	41.7	65.4	88.2	89.6
	Con. I_2	mg/l	8.03	—	5.82	6.86	5.94

3. 動物性プランクトン (Tables 3～4)

この水変り池におけるプランクトン動物相とその変化は Table 3 に示した。汽水産橈脚類，*Pseudodiaptomus inopinus*, *Paracyclopina nana*，それらの Copepodid 並びに nauplius; 淡水産輪虫類，*Brachionus urceolaris*; 原虫類としては繊毛虫の *Strobilidium gyrans*, *Paramecium* sp., *Didinium* sp. 等が見られたが，種類相は極めて単調である。橈脚類は水変りの進行と共に急激に減少し，17 日には *Pseudodiaptomus*, *Paracyclopina* は共に消滅し，19 日には nauplius が僅かに残存したに過ぎない。輪虫類の *Br. urceolaris* は 16 日に最大密度 151 個体/l に達し，その後減少し，22 日には 21 個体/l になつた。原虫類の *Paramecium*, *Didinium* の密度は小さく，且つ著しい変化はない。しかし，*Strobilidium gyrans* は量的には極めて多く，この水変り時におけるプランクトンの優占種であり，おそらくこの水変りに重要な役割を果したのではないかと考えられたので，ネットプランクトンの外に，上・中・下の 3 層から酸素瓶に採集した材料について，この繊毛虫の垂直分布と，その密度の日々変化を Fig. 1, Table 4 に示した。この表に明かのように，*Strobilidium gyrans** の垂直分布は，表層に多く，底層に少い傾向がある。個体数密度の日々変化は極めて顕著であり，15 日の午前 9 時 40 分には表層水の密度は 808 個体/cc であつたが，午後には最大密度 2204/cc に達し，16 日から急激に減少し，983/cc となり，1 週間後の 22 日には 50/cc に減少した。この池の水変り前における *Strobilidium* の個体数密度がどの位で，どのように増加したかを判断する資料のないことは遺憾であるが，隣接した前記の M_2 池にもこの繊毛虫が見られたが，その密度は 0.65 個体/cc であつた。

恐らくこの水変り池では，12 月 12～13 日頃から *Strobilidium* は増殖をはじめ，餌付皆無となつた 14 日頃から増殖は大きくなり，15 日午後の最大密度 2204/cc に達したと思われる。

Table 3. Plankton fauna of the "Mizukawari" eel-culture pond. The figures indicate the number of individuals per 10 l.

Species of zooplankters	Dec. 15 1955	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 19	Dec. 22
Copepoda					
Pseudodiaptomus inopinus	30	20			
Paracyclopina nana	220	40			
Copepodid (Copepoda)	120	20	10		
Nauplius (Copepoda)	10	90	50	10	10
Rotifera					
Brachionus urceolaris	910	1510	950	240	210
Ciliata					
Paramecium sp.	50	50	10	20	40
	Very aboundant	〃	Aboundant	〃	Common

* *Strobilidium gyrans* KAHL
体長 36.3～49.5 μ，体幅 23.1～26.7 μ; 全形はイチジクの果実状を呈し，後部は細くなる。大核は蹄鉄状で口の直下に横わる。微小藻類を餌料とする。

Table 4. Vertical and daily distributions of *Strobilidium gyrans* (Ciliata, Protozoa) in the "Mizukawari" pond.
The figures show the numer of individuals per cc.

Stratum \ Date	"Mizukawari" pond						Normal pond
	Dec. 15 9.30A.M.	Dec. 15 13.30P.M.	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 19	Dec. 22	Dec. 15 9.40A.M.
Surface (3 cm)	808	2204	984	273	120	50	0.65
Middle (50 cm)	—	2010	961	258	154	51	—
Bottom (107 cm)	—	1594	950	222	69	39	—
Mean	808	1936	965	251	114	46	0.65

4. 植物性プランクトン (Table 5, Fig. 2)

この水変り池のプランクトン植物相とその密度の変化は Table 5 並びに Fig. 2 に示した。密度は表，中，底層の平均細胞数として示してある。全体的には藍藻類の *Coelosphaerium Kuetzingianum*, 緑藻類の *Ankistrodesmus falcatus*, *Chlamydomonas* sp.,

Table 5. Plankton flora of the "Mizukawari" eel-culture pond.
The figures indicate the cell numbers $\times 10^4$ per cc.

Phytoplankters \ Date	"Mizukawari" pond						Normal pond
	Dec. 15 a.m.	Dec. 15 p.m.	Dec. 16	Dec. 17	Dec. 19	Dec. 22	Dec. 15
Cyanophyceae							
Merismopedia tenuissima							378.0
Coelosphaerium Kuetzingianum.	9.5	5.0	1.6	3.2	3.5	1.0	4.8
Microcystis sp.	0.7	0.7	0.24	0.4	0.4	0.3	3.6
Chlorophyceae							
Ankistrodesmus falcatus var. *spirilliformis.*	2.9	6.5	6.5	11.7	16.3	20.1	4.2
Dictyosphaerium pulchellum	0.5	0.3		1.0	0.7	0.9	
Oocystis borgei	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	
Scenedesmus tetradesmiformis	0.2	0.7	1.2	0.3			
Sc. quadricauda		0.2	tr.	tr.	0.4	0.3	
Kirchneriella lunaris		tr.					
Crucigenia rectangularis							3.6
Tetrastrum sp.				0.2			
Chlamydomonas sp.	1.8	2.9	2.2	3.7	2.6	3.4	0.6
Diatomaceae							
Cyclotella Meneghiniana	1.1	1.1	1.4	3.5	3.8	3.4	2.4
Chaetoceros Muelleri	0.1	0.2	0.3	0.7	0.6	0.4	1.2
Nitzschia closterium	0.2	tr.	tr.	0.1	tr.	tr.	23.3
Navicula sp.			0.2	0.2	0.1	tr.	13.8
Cymbella sp.			tr.				
Total cell numbers	17.0	17.1	13.4	26.1	28.9	29.9	437.8

硅藻類の *Cyclotella Meneghiniana* 等が卓越していた。水変り時におけるプランクトン植物相の変化をやや詳細に見ると，Fig. 2 に明かのように，水変りの最盛時 (15～16 日) には，*Coelosphaerium*, *Microcystis*, *Dictyosphaerium*, *Scenedesmus* 等は著しく減少した。その後 *Chaetoceros Muelleri*, *Sc. quadricauda*, *Dictyosphaerium pulchellum*, *Cyclotella Meneghiniana* 等が著しく増殖した。

水変り後における *Chaetoceros* (硅藻) の大増殖は夏季の水変りのそれと一致している (伊藤・岩井，1958)。プランクトン植物量の変化を全体的に見ると，水変りの最盛期には 13.4～17.1×10⁴ 細胞/cc であるが，17 日には約 2 倍に増加し，22 日に向つて徐々に増加の傾向がある。この水変り池のプランクトン植物量を前記の M_2 池の同時期のものに比較して見る。Table 5 に明かのように，M_2 池の優占種は *Merismopedia tenuissima* で，*Nitzschia*, *Navicula* 等の硅藻類も多く，プランクトン植物量は 437.8×10⁴ 細胞/cc である。従つてこの水変り池のプランクトン植物量は M_2 池のそれの約 1/30 であ

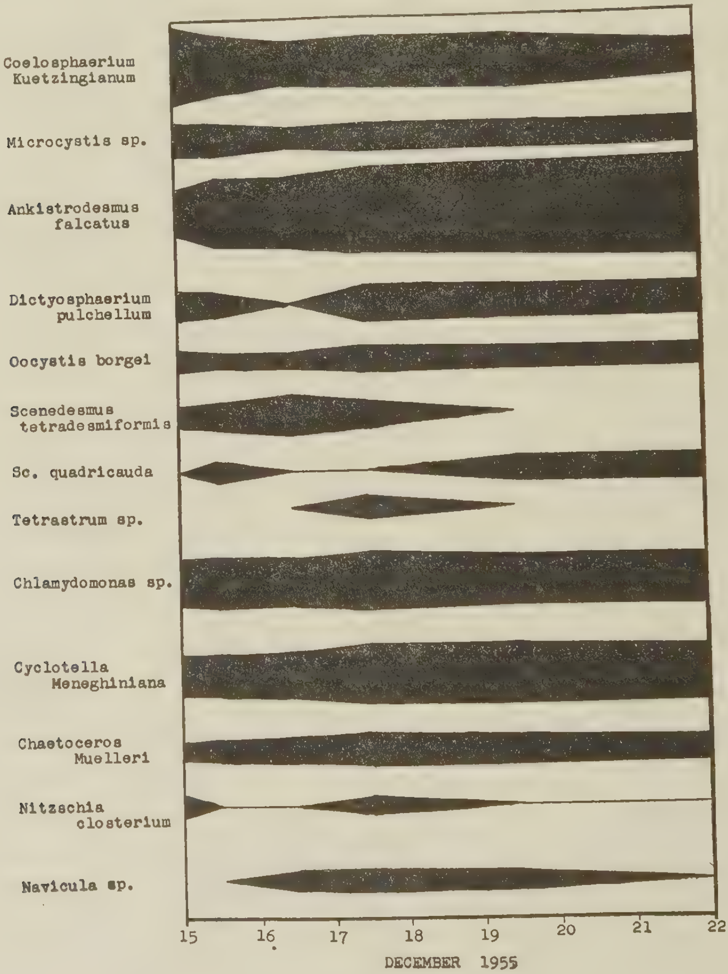


Fig. 2. The daily changes of phytoplankters in the "Mizukawari" pond.
The figure is illustrated with LOHMANN's "spherical curve" method.

る。この量は正常な冬季の植物量に比べて少い。恐らくこの水変り過程において，13〜15日の間に急激に減少したものと思われる。しかしどんなプランクトンがどのように減少したか，その減少の原因は何であるかは，水変り直前の資料を欠くので不明である。

考　　　察

1. この水変りの特異性について

この冬期の水変りは，プランクトン植物が少く，透明度が大きく，池水の水色が暗緑褐色に変化し，池水の pH が 7.5 に低下し，溶存酸素量が最低 0.6 cc/l (8.5%) に減少し，ウナギの餌付が皆無になるのみでなく鼻上げを呈した点においては，この池の夏季の水変り（伊藤，1955; 伊藤・岩井，1956）と全く一致している。しかし次の 2 点でこの冬期の水変りは特徴的である。

a) 水変りの時期——養鰻池の水変りは 5 月から 10 月下旬の暖期に見られるのが通例であるが，この水変りは 12 月中旬の冷水期 (W.T. 7.2〜12.2°C) に見られ，このような冬期の水変りの例は従来知られていない。

b) 繊毛虫類の異常増殖——暖期の水変りに輪虫類の大増殖の見られるものが最も普通であるが，この冬期の水変りには，原虫類の繊毛虫類に属する *Strobilidium gyrans* の大増殖が見られた。原虫類の異常増殖を伴つた水変りの報告例は殆んどない。稲葉・山本 (1938) は浜名湖分場の試験池第 4 号（面積 15 坪，水深 2.2 尺，全部コンクリート作り，池水の塩素含有量 1.56〜1.93‰）において 6 月 9 日から 23 日に亘り原虫類の Poryfera が大増殖し，最大密度は 21 日に 2884 個体/cc を示し，ウナギは餌付なく，一部斃死を見たと報告している。この間の水質条件は pH は 9.1 から 7.1〜7.5 に低下し，溶存酸素は 8.57〜11.39 cc/l から，最低 1.75 cc/l に減少し，典型的な水変りの状態である。この冬期の水変りにおける繊毛虫類の最大密度，水質条件も浜名湖分場の場合によく類似しているが，唯その時期を異にしている点は違つている。

2. この水変りの原因について

大橋養魚場養鰻池の夏季の水変りにおいては，既に述べたように，*Br. plicatilis*, *Br. angularis*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris* 等の大増殖が見られている。従つて夏季の水変りに輪虫類の大増殖が原因になつていると考えられる。

しかしこの冬期の水変りには，淡水産輪虫類の *Br. urceolaris* のみが見られたが，その最大密度は 0.09〜0.15 個体/cc で，夏季の水変り時における最大密度 20〜100 個体/cc に比べると著しく小さい。従つて *Br. urceolaris* がこの冬期の水変りの原因とは到底考えることは出来ない。ところで，繊毛虫類の *Strobilidium gyrans* の密度は極めて大きく，最大密度は 2204 個体/cc に達し，しかも池水の溶存酸素，pH，ウナギの鼻上げもこの繊毛虫の最大密度の時期と全く一致し，且つこの動物の動きと水変りの経過は並行している。従つてこの冬期の水変りは，*Strobilidium* の異常増殖が原因となつていると考えられる。Liebmann (1951) によると，*Strobilidium gyrans* は藻類を餌料にしているという*。従つて水変り時におけるプラクトン植物の密度の小さいのは，13〜15 日までの

---

* 其の後，昭和 31 年 2 月，津市江戸橋地区の大橋養魚場第 2 号養鰻池から採水し，藍藻類の *Chroococcus dispersus* を (685.8×10^4 細胞/cc 程度に存在)，培養中，偶々 *Strobilidium gyrans* が増殖したので検鏡したところ，*Chroococcus* (2〜6 μ) を盛んに捕食するのを観察し得た。

Strobilidium の増殖期に micron-algae が捕食されたのではないかと思われる。結局これらの点から綜合的に考えて，この冬期の水変りは，繊毛虫 *Strobilidium* の異常増殖とその micron-algae の捕食作用が原因らしく思われる。しかしこの動物の植物性プランクトンの捕食作用については今後培養実験によつて検討する必要がある。

摘 要

1) 養鰻池における冬期の水変りは従来報告例はないが，津市島崎町大橋義男氏所有の養鰻池（面積 80 アール，2400 坪，水深 1.1 m，池水の塩素含有量 2.39〜2.55‰）で昭和 30 年 12 月中旬（W.T. 7.2〜12.2°C）に観測された。

2) この水変りの程度は第Ⅳ級に属し，12 月 14 日には餌付皆無，15 日には鼻上げが見られ，16 日にはやや回復に向つた。

3) 水色は緑色から暗緑褐色を経て黄緑色になり，水変りの最盛時に透明度は最大 45 cm になつた。

4) 池水の pH は水変りの最盛時には 8.1，16 日には 7.7，17 日には最低 7.5 に低下した。最低は溶存酸素の最低より 2 日程おそい。

5) 溶存酸素は水変りの最盛時に最低 0.66 cc/*l*（8.5%）に低下し，16 日から増加し，19 日には 7.21 cc/*l*（89%）に増加し著しく回復した。

6) 沃度消費量は水変りの最盛時に大きく，17 日には減少した。

7) 動物性プランクトンの水変り時における著しい変化は，橈脚類の *Pseudodiaptomus inopinus*，*Paracyclopina nana* が斃死し，逆に輪虫類の *Brachionus urceolaris* がやや増加し，特に繊毛虫類の *Strobilidium gyrans* が爆発的に異常増殖を示した。即ち 15 日の午後，水変りの最盛時に最大密度 2204 個体/cc に達し，16 日から急激に減少し，22 日には 50 個体/cc に減つた。従つてこの最大密度と池水の溶存酸素の最低は全く一致し，且つこの繊毛虫の動きと溶存酸素並に養殖魚の生活状況との間には明瞭な相関がある。

8) 植物性プランクトンはこの水変りにおいて，*Coelosphaerium*，*Microcystis sp.*，*Dictyosphaerium* 等は減少し，水変り後には *Chaetoceros Muelleri* が増殖した。量的にはプランクトン植物は水変りの最盛時には $13.4〜17.1 \times 10^4$ 細胞/cc で少く，正常池の約 1/30 である。

9) この水変りは次の 2 点で特徴的である。第 1 に水変りの時期が 12 月中旬の寒期である。第 2 に繊毛虫類の *Strobilidium gyrans* の異常増殖が見られた。

10) この冬期の水変りは，以上の諸点から綜合的に見て，繊毛虫，*Strobilidium* の異常増殖とその micron-algae の捕食作用が原因になつているのではないかと思われる。

文 献

稲葉 峻（1937）．養鰻池の水変りに関する予察的研究．魚介類斃死原因調査報告，第Ⅱ報．静岡県水産試験場浜名湖分場，p. 39.

稲葉 峻・山本精二（1938）．養鰻池に於ける水変りの水質とプランクトンの研究．魚介類斃死原因調査報告，第Ⅲ報，静岡県水産試験場月報，No. 46，p. 10〜23.

伊藤 隆（1955）．三重県養鰻池における水質とプランクトンとの関係．鰻のシンポジウム，p. 19〜30.

伊藤 隆・岩井寿夫（1956）．養鰻池の水変りに関する研究．Ⅳ．水変り池における Brachionus pli-

catilis の垂直分布, Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, Vol. 2, No. 2, p. 325～334.
———·——— (1956). 養鰻池の水変りに関する研究. V. Brachionus plicatilis による水変り過程における水質の変化. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 335～346.
———·——— (1958). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅷ. 津市江戸橋地区の 6 面の養鰻池における昭和 30 年中の水変り. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 122～158
Liebmann, H., (1951). Handbuch der Frischwasser und Abwasserbiologie, ss. 539. München.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

養鰻池の水変りに関する研究

X. 養鰻池底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度

伊　藤　　隆
(三重県立大学水産学部陸水学教室)

Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

X. The Density of Dormant Eggs of Rotifer on Bottom Deposits in Eel-culture Ponds

(*With Fig. 1 and Tables 1 a–c*)

TAKASHI ITO
Limnological Laboratory, Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie

Résumé

The present work is the results of the observations of the distribution density of the dormant eggs of rotifers in the bottom muds of the 15 ponds located in the north of Tsu City, Mie Prefecture in Jan. and February, 1956.

1) Most of the dormant eggs in the bottom muds are those of a brackishwater rotifer, *Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER.

2) The distribution density of the dormant eggs is 966/cm² at the highest, but only a trace at the lowest; it varies greatly with each pond. In the vertical distribution of them in the muds, there no definite tendency could be observed (Table 1, a∼c.).

3) The distribution density of the dormant eggs on the surface of the muds was observed to have a close relation with the population density of *Br. plicatilis* in the warm season of the preceding year, and the higher the population density of *Br. plicatilis* there the higher was the density of the dormant eggs in winter.

緒　　論

津附近の養鰻池における“水変り”の有力な原因をなす汽水産輪虫類, *Brachionus plicatilis* O.F. MÜLLER の耐久卵の形成に関しては，第5報（伊藤・岩井，1956）並に第6報（伊藤，1957）に簡単に報告した。また野外の養鰻池における本種の生態並に季節的遷移に関しては伊藤（1957）並に第8報（伊藤・岩井，1958）にその概略を報告した。即ち津附近の養鰻池においては，*Brachionus plicatilis* は5月上旬乃至月6上旬（W.T. 17∼20°C）から出現し，夏に最も卓越し，10 月下旬から衰え，11 月下旬から 12 月上旬（W.T. 9°C∼13°C 以下）には姿を没する。D♀ は5月から 11 月中旬に亘り，絶えず出現し，その密度は 9∼11 月，特に 10 月に最も大きく，また大増殖時に大きくなる。従つて耐久卵の形成量も恐らく D♀ の密度と並行的であると考える。故に 12 月∼4 月の冷水期には本種は耐久卵の形で底泥上或いはその中に休眠している訳である。

養鰻池の底泥上で休眠越冬する輪虫類の耐久卵の分布密度を明かにすることは，前年度暖期における輪虫類の繁殖状況の判断の資料，特に次年度初夏における輪虫類の発生量の目安となり，引いては“水変り”の長期予報の指標の1つになるのではないか。また池替時における池底泥の処理に関しても重要な知見をあたえることが期待される。しかし従来養鰻池についてこのような研究の試みられた例を知らない。本研究はこれらの点を明かにするための予察的研究として，津市江戸橋地区並に部田地区の 15 面の養鰻池の池替前後において，底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度，底泥中における垂直分布を調べたものである。採泥点が少く，水平分布に関しては不充分であるが，越冬耐久卵の分布密度と前年度における輪虫類の増殖状況との間には興味深い関係があることが分つたので，その結果を予報的に報告する。

本研究にあたり種々の助言を与えられた本学水産学部長岡田弥一郎教授，野外観測に協力された本学陸水学教室岩井寿夫助手，増殖学科学生田中敬八・倉田久昭両君に対し謝意を表すると共に，調査上種々の便宜を与えられた池の所有者，加藤慎太郎・大橋房男・大橋初次郎・黒宮正郎・大橋義男・四谷文衞門氏等に感謝します。

本研究は昭和 30 年度文部省科学研究助成金によつた。

調 査 方 法

採泥には Ekman-Birge 型採泥器を用いた。各池に3つの採泥点を決め，小舟或いは堤防上から採泥器で底泥を採集し，底棲動物採集用の篩上に静かに移し，その底泥の色，性質等を記録した上，泥上に特別に作つた Quadrat (Fig. 1) をおき一定量の底泥を採集した。即ち，Quadrat (I) を水平に保ち，その孔 (Y) に垂直板 (II) を泥中に垂直に立てる。次に Quadrat の框 (X) の両端を一様に指で押すと，底泥は X を通して盛り上る。その泥の厚さを 0.5 cm の目盛をした搔泥板 (III) ではかつて後，Quadrat (I) の面に沿つて框の広場にかき集める。その泥を管瓶に収める。底泥の垂直的採集は Quadrat (I) を垂直板 (II) の所定の目盛まで押えて，0～0.5，1～1.5，2～2.5，3～3.5，4～4.5，5～5.5 cm 層の泥を前述の方法でとつた。この方法は軟泥，軟かい砂泥質については巧く採泥出来たが，砂質の場合には採泥器による採集も困難な上に Quadrat による垂直採集も 2 cm 以深は困難であつた。

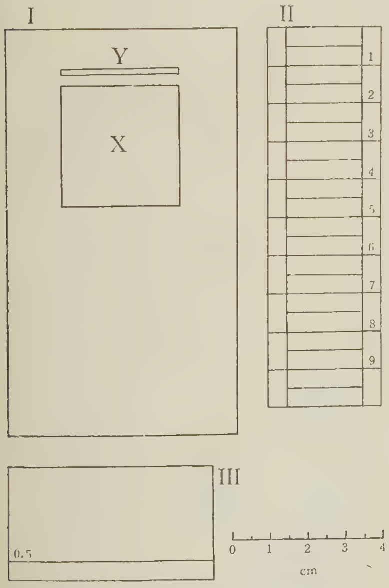


Fig. 1. Mud sampling quadrat
I. Horizontal quadrat;
II. Vertical plate;
III. Mud collecting plate.
X. Quadrat, area 10 cm²;
Y. A hole for the vertical plate.

現場でこのようにして採集した砂泥は，実験室に持かえり，よく練りまぜた後沪紙上に移し1日間風乾し，全重量を秤量の後，その中から 0.2 g をとり，10 cc 容量の沈澱管に入れ，水を加えて 5 cc とし，駒込ピペットでよく撹拌

しながら，その 0.5 cc をとり，計数盤に移し，その中に含まれる耐久卵を計数し，同様の計数を 3 回行い，その平均数から池底 10 cm² 宛の耐久卵数を算出した。

調査は津市江戸橋地区の加藤慎太郎氏所有養鰻池（$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$ 池），大橋房男氏所有養鰻池（$O_1 \cdot O_2$ 池），大橋初次郎氏養鰻池（H 池），四谷文衞門氏養鰻池（$Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3$ 池）の 11 面と，津市島崎町にある黒宮正郎氏養鰻池（$M_1 \cdot M_2 \cdot M_7$ 池），大橋義男氏養鰻池（Z 池）の 4 面，計 15 面の池について行つた。調査は昭和 31 年 1 月 26 日並に 2 月 14 日の池替時期に行つた。

これらの養鰻池の底泥中に見られた輪虫類の耐久卵は大部分が黄褐色で，長径 136～161 μ，短径 87～112 μ で略々楕円形を呈し，実験室において形成され（伊藤・岩井，1956，第 5 報；伊藤，1957，第 6 報），また江戸橋地区の $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$，$O_1 \cdot O_2$，H の 6

Table 1 a. The density of the dormant eggs of rotifers on the bottom deposits of eel-culture ponds on the northern vicinity of Tsu-City, Mie Prefecture, in Jan.～Feb. of 1956.

Pond	Bottom deposit				Density of Dormant eggs per 10 cm²	Remarks: (Pond water)
	Station	Stratum cm	Colour	Nature		
	K_{11}	0～0.5	Greenish brown	Sandy-Mud	345	Jan. 26, 1956
	K_{12}	0～0.5	Dark gr. brown	〃	490	After water-exchange
		1～1.5	〃	〃	1500	
K_1		2～2.5	Brownish black	〃	808	
		4～4.5	〃	〃	840	
		5～5.5	Black	〃	0	
	K_{13}	0～0.5	Greenish brown	Sand	1005	
	K_{21}	0～0.5	Yellow green	Sand	940	Jan. 26, 1956.
K_2	K_{22}	0～0.5	Greenish brown	〃	788	Before water-exchange.
		1～1.5	〃	〃	1540	W.T. 3.5°C, pH 8.9,
	K_{23}	0～0.5	Dark green	〃	613	O_2 8.16 cc/l (87.6 %). Cl 5.82 ‰
	K_{31}	0～0.5	Gr. brown	Muddy-Sand	2233	Jan. 26, 1956.
	K_{32}	0～0.5	〃	〃	1203	Before water-exchange.
		1～1.5	〃	〃	1100	W.T. 4.1°C, pH 9.0,
K_3		2～2.5	Dark brown	〃	543	O_2 8.09 cc/l (88.3 %).
		3～3.5	〃	〃	800	Cl 5.87 ‰
		4～4.5	Black	〃	710	
	K_{33}	0～0.5	Yellow green	〃	1260	
	O_{11}	0～0.5	Dark brown	Sand	3375	Jan. 26, 1956.
O_1	O_{12}	0～0.5	Gr. brown	〃	5565	After water-exchange.
	O_{13}	0～0.5	Dark brown	〃	2610	
	O_{21}	0～0.5	Dark green	Muddy-Sand	2580	Jan. 26, 1956.
		1～1.5	Black	〃	4185	Before water-exchange.
		2～2.5	〃	〃	4830	W.T. 3.5°C, pH 9.3,
O_2	O_{22}	0～0.5	Dark green	〃	9660	O_2 9.77 cc/l (105 %),
		1～1.5	Black	〃	170	Cl 5.82 ‰
	O_{23}	0～0.5	Dark green	〃	2418	

面の養鰻池において，昭和 30 年5月から 11 月に亘り，プランクトン中に見出された *Brachionus plicatilis* の耐久卵と外観は全く同一であつたので，底泥中に見られた前述の耐久卵は，殆んど大部分が *Brachionus plicatilis* と考えられる*。

調　査　結　果

これらの 15 面の養鰻池は最大深度 1 m 位で，周辺部は浅く，中央部は稍々深くなつている。底質は周縁部は砂質或いは砂泥質で，中央部は多くの池で軟泥より成る。底泥の表層約 2～3 mm は，植物性プランクトンの死骸，その他の有機物を多く含み黄褐色乃至灰褐色を呈し，或いは新鮮な植物性プランクトンの沈澱物により緑色を呈する場合もあ

Table 1 b. The density of the dormant eggs of rotifers on the bottom deposits.

Pond	Bottom deposit				Density of dormant eggs/10 cm^2	Remarks: (pond water)
	Station	Stratum	Colour	Nature		
H	H_1	0～0.5	Dark gr. brown	Sandy-Mud	255	Jan. 26, 1956.
	H_2	0～0.5	〃	〃	110	After water-exchange
		0.5～1.0	Dark brown	Muddy-Sand	125	W.T. 3.9°C, pH 9.3,
		1～1.5	〃	〃	0	O_2 11.2 cc/*l* (121.8 %)
		2～2.5	Black	〃	0	Cl 4.48 ‰
	H_3	0～0.5	Gr. brown	Sand	238	
M_1	M_{11}	0～0.5	Dark greenish brown	Sand	tr.	Jan. 26, '56. After w.-ex. W.T. 4.2°C, pH 9.0, O_2 9.70 cc/*l* (106.1 %) Cl 4.40 ‰
M_2	M_{21}	0～0.5	Dark brown	Muddy-Sand	tr.	Jan. 26, 1956.
	M_{22}	0～0.5	〃	Sandy-Mud	30	After water-exchange,
		1～1.5	Black	〃	88	W.T. 4.1°C, pH 9.2,
		2～2.5	〃	〃	0	O_2 10.63 cc/*l* (116.1 %)
		3～3.5	〃	〃	0	Cl 4.42 ‰
		4～4.5	〃	〃	0	
		5～5.5	〃	〃	0	
	M_{23}	0～0.5	Dark gr. brown	Muddy-Sand	tr.	
M_7	M_{71}	0～0.5	Brown	Muddy-Sand	tr.	Jan. 26, 1956. After water-exchange
Y_1	Y_{11}	0～0.5	Dark brown	Muddy-Sand	tr.	Feb. 14, 1956. After.
		1～1.5	〃	〃	0	W.T. 5.9°C, Cl 3.99 ‰
	Y_{12}	0～0.5	Yellow brown	〃	185	
Y_2	Y_{21}	0～0.5	Yellow brown	Muddy-Sand	tr.	Feb. 14, 1956.
		0.5～1	Dark brown	〃	0	Before water-exchange.
		1～1.5	Brownish black	〃	26	W.T. 5.6°C,
	Y_{22}	0～0.5	〃	〃	24	Cl 3.65 ‰
		1～1.5	〃	〃	34	

* 孵化実験験の結果（伊藤，1958），底泥中の耐久卵は *Br. plicatilis* のものであることが確認され，1 部 *Br. urceolaris* が混在することが分つた。

Table 1 c. The density of the dormant eggs of rotifers on the bottom deposits.

Pond	Bottom deposit				Density of dormant eggs/10 cm²	Remarks: (pond water)
	Station	Stratum	Colour	Nature		
Y_3	Y_{31}	0〜0.5	Dark brown	Muddy-Sand	800	Feb. 14, 1956.
	Y_{32}	0〜0.5	Yellow brown	〃	tr.	After water-exchange.
		0.5〜1	Brownish black	〃	0	W.T. 6.9°C,
	Y_{33}	0〜0.5	Yellow brown	〃	tr.	Cl 3.74‰
		0.5〜1	Brownish black	〃	0	
		1〜1.5	Black	〃	0	
K_4	K_{41}	0〜0.5	Dark green	Muddy-Sand	1125	Feb. 14, 1956.
		0.5〜1	Greenish black	〃	1005	Before water-exchange.
	K_{42}	0〜0.5	Black	〃	713	W.T. 6.2°C,
		0.5〜1	〃	〃	470	Cl 3.83‰
K_5	K_{51}	0〜0.5	Yellow brown	Mud	2600	Feb. 14, 1956.
		0.5〜1	Black	〃	664	Before water-exchange.
	K_{52}	0〜0.5	Yellow brown	Muddy-Sand	225	W.T. 6.3°C,
		0.5〜1	Dark brown	〃	0	Cl 3.67‰
Z	Z_1	0〜0.5	Light brown	Sand	tr.	Feb. 14, 1956.
		0.5〜1	Dark brown	〃	tr.	After water-exchange. W.T. 6.8°C,
	Z_2	0〜0.5	Yellow brown	〃	tr.	Cl 4.31‰

る。3〜4 mm 以深は黒色を呈し，特に中央部の軟泥より成る部分では黒色腐泥より成り，硫化水素の臭を強く発しているものもあつた。底棲動物としては主としてユスリカ幼虫 (*Tendipes salinarius*)* が多数見られ，$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$, $K_4 \cdot K_5$ 池には特に多量で，$O_1 \cdot O_2$, H, $Y_1 \cdot Y_2 \cdot Y_3$ 池にはむしろ少く，特に硫化水素臭の強い $O_1 \cdot O_2$, H 池には量的には少い。垂直的には *Tendipes* は約 40〜50 mm まで侵入しているものもあつたが，多くは 20 mm以浅の表層に多かつた。部田地区の $M_1 \cdot M_2 \cdot M_7$, Z 池には底棲動物は殆んど採集されなかつた。

15 面の養鰻池の底泥中における輪虫類の耐久卵の分布密度と，泥中における垂直分布は Tables 1 a〜c に掲げた。

表に明かのように，泥の表層部 (0〜0.5 cm) における耐久卵の最大密度は 9660/10 cm² (O_2 池) で，最小は殆んど検出出来ないところもあり，池によつて著しく異つている。地区的に見ると，江戸橋地区の $O_1 \cdot O_2 \cdot K_3 \cdot K_5$ 池，並に $K_1 \cdot K_2 \cdot K_4$ 池，特に $O_1 \cdot O_2$ 池の分布密度は大きく，平均密度は夫々 3850/10 cm², 4862/10 cm² に達した。これらに比して，部田地区の $M_1 \cdot M_2 \cdot M_7 \cdot Z$ 池の密度は極めて小さい。表層部における輪虫類の耐久卵の分布密度によつて前述の 15

Density of Dormant eggs/10 cm²	Ponds
>1000	$O_1 \cdot O_2 \cdot K_3 \cdot K_5$
500〜1000	$K_1 \cdot K_2 \cdot K_4$
100〜300	$H \cdot Y_3 \cdot$
<100	$M_1 \cdot M_2 \cdot M_7 \cdot Y_1 \cdot Y_2 \cdot Z$

* 種名の同定は奈良女子大学理学部動物学教室津田松苗博士にお願いした。ここに謝意を表します。

面の養鰻池を分けると上のようになる。

次に底泥中における耐久卵の垂直分布を見ると，泥並に砂泥質では，K_1・K_3・O_2 池に見られるように，著しい垂直的相異は見られないが，砂質においては殆んど相違なく分布している場合と，表層のみに多く，深層には見られない場合もあり，池によつて異る。

考　　察

前述の津市北部の 15 面の養鰻池の底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布は，前年度夏季における輪虫類の増殖状況，特に D♀ の密度と密接な関係があるのではないかと考えられる。またこの地区の養鰻池の水変りには例外なく輪虫類，特に *Brachionus plicatilis* の大増殖が伴い，この輪虫が水変りの有力な原因と考えられ，且つこの大増殖時に D♀ の顕著な増加が見られ，耐久卵の形成が行われるので（伊藤・岩井，1956，第5報；伊藤，1957，第6報；伊藤・岩井，1958，第8報），養鰻池底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度は，前年度暖期における水変りの指標の1つになるのではないかと考えられる。この意味から，前述の 15 面の養鰻池底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度と前年暖期における輪虫類の増殖状況，並に水変りとの関係を全体的に考察して見る。

江戸橋地区の6面の養鰻池における昭和 30 年5月から 12 月に至る，輪虫類の増殖状況と水変りの状態は第8報（伊藤・岩井，1958）に報告した。即ち，K_1・K_2・K_3・O_1・O_2・H の6面の養鰻池においては，輪虫類として圧倒的な優占種，*Brachionus plicatilis* は5月から出現増殖し，11 月下旬から 12 月上旬には消滅し，一方 D♀ は5月から 11 月中旬まで出現し，耐久卵は絶えず形成され，特にその量は9月〜11 月に顕著である。またこの輪虫類の大増殖時には殆んど例外なく水変りとなり，水変りは，K_1・K_2・K_3 池では少くとも大小6回，O_1・O_2 池では大小7回，H 池では軽度の3回の水変りが見られたのみである。従つて *Br. plicatilis* の個体数密度，大増殖の回数の多い池程，冬期における底泥上の越冬耐久卵の分布密度は大きいことが分る。

その他の K_4・K_5・Y_1・Y_2・Y_3・M_1・M_2・M_7・Z の9面においては前年には詳細な観測は行わなかつたので，輪虫類の増殖状況，水変りの状態は明かでない。数回の調査と所有者の話を綜合すると次のようになる。

K_4・K_5 池は昭和 30 年5月から7月に亘り，数回の調査を行つた。水変りは5月7日からはじまり，池水は暗緑褐色に変り，10 日には透明となり池底まで透視出来，この状態が約1ヶ月間，6月中旬まで継続し，輪虫類としては，5月上旬には *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* が，6月上旬から *Brachionus plicatilis* が大増殖し，後者には耐久卵の著しい形成が見られた。この1ヶ月の水変りの間，ウナギの餌付皆無，この間ウナギ約 15 〆，その他コイ・セイゴが若干斃死した。6月 9，10，12 日に消石灰 20 kg，計 60 kg，6月 13，14 日に過燐酸石灰を計 37.5 kg を K_5 池のみに散布したが，施肥の効果は顕著でなかつた。しかしその後池は徐々に好転し，年末まで水変りは見られなかつた。恐らくその後輪虫類の大増殖はなかつたと思われる。

Y_1・Y_2 池は昭和 30 年中には水変りは全く見られず，Y_3 池は7月 29 日にウナギ 30 〆，ボラ約 100 〆が斃死し，他の大部分のウナギが池辺にはいあがり鼻上げをした。池水は緑色から暗緑褐色に変り，透明になつた。実際の観測を行つていないので明かでない

が，恐らく *Br. plicatilis* の大増殖が見られたものと考えられる。この1回の水変りのみでその他は年末まで好調であつた。

M_1・M_2・M_7 池は昭和 30 年中度々調査し，プランクトン相も調べた。いづれも池水は常に緑色を呈し，水変りは全く見られず，輪虫類の大増殖も認められず，池は珍らしく好調であつた。

Z 池は昭和 30 年には数回調査した。水変りは7月と 12 月の2回見られ，7月の水変りには *Br. plicatilis* の大増殖が認められた。(伊藤・岩井，1956，第4報)。12 月の水変りには輪虫類としては，*Br. urceolaris* の少量の増殖が見られたが，耐久卵の形成は確認されなかつた。従つてこの池では7月の水変り時に1回の *Br. plicatilis* の大増殖が見られたのみである。(伊藤・岩井，第9報)。

前述の 15 面の養鰻池における昭和 30 年中の輪虫類の大増殖並に水変りの状況は，次のように要約することが出来る。

1)　6回以上の水変りがあり，*Br. plicatilis* の大増殖が6回以上見られたもの，
　K_1・K_2・K_3・O_1・O_2 池。

2)　1回以上の水変りがあり，*Br. plicatilis* の大増殖が1回以上見られたもの，
　Y_3・H・K_4・K_5・Z 池。

3)　全く水変りが見られず，輪虫類の大増殖が見られなかつた池，
　M_1・M_2・M_7・Y_1・Y_2 池。

いま冬期におけるこれらの 15 面の養鰻池底泥上における輪虫類の耐久卵の分布密度と前年暖期における輪虫類の増殖状況及び水変りの頻度との関係を見ると，*Br. plicatilis* の大増殖の頻度の大きい，O_1・O_2 池，K_1・K_2・K_3 池の耐久卵の分布密度も著しく大きく，*Br. plicatilis* の大増殖の殆んど見られなかつた M_1・M_2・M_7 池，Y_1・Y_2 池の耐久卵の分布密度は極めて小さい。従つて全体的に見ると，冬期における底泥上の耐久卵の分布密度は，前年暖期における輪虫類の増殖状況，或いは水変りの頻度を判断する目安の1つに用いることが出来るのではないかと思われる。この点については更に資料を得た上で更めて検討して見たい。

第2に冬期における輪虫類耐久卵の底泥上における分布密度は，次年度暖期の発生源であるから，その分布密度と初夏における輪虫類の増殖との間には密接な関係があり，恐らく水変りの長期予報の指標の1つになる可能性が考えられる。しかしこの関係については，深層底泥中の耐久卵が何時形成されたものであるか，また底泥中のどの深さまでの耐久卵が実際に孵化し水中に游出できるか，耐久卵の孵化率はどの位か，等の基礎的問題を検討した上で，別報に報告する予定である。唯ゝ前述の養鰻池底泥中の耐久卵は，表層から 6.5 cm の深さに亘つていづれも孵化し，*Br. plicatilis* の成体になることが出来ること（伊藤，1958，第 11 報）は，この類の増殖，底泥の処理を考える上において重要な事柄であろう。

摘　　要

1)　本研究は三重県津市北部の 15 面の養鰻池において，昭和 31 年1月～2月の池替期に，底泥上並に中における輪虫類の耐久卵の分布密度を調べたものである。

2)　底泥の採集には Ekman-Birge 型採泥器を用い，10 cm^2 の Quadrat (Fig. 1) に

より，表層から深さ 5 cm に亘り，厚さ 0.5 cm の泥を採り，各層の泥中に含まれる輪虫類の耐久卵を計数した。

3) 15 面の養鰻池の底泥中の耐久卵は殆んどすべて汽水産輪虫類の *Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER のものであつた。

4) 底泥中の輪虫類の耐久卵の分布密度は最大 9660/10 cm² で，全く検出し得ない池もあり，池による変動が大きい。泥中の垂直的分布には一定の傾向性は見られない (Tables 1 a～c)。

5) 底泥表層部における越冬耐久卵の分布密度は，前年度暖期における輪虫類，特に *Brachionus plicatilis* の増殖と密接な関係が見られ，増殖の大きい池程，耐久卵の分布密度も大きい。従つて耐久卵の分布密度は，前年中における輪虫類の増殖状況，及び水変りの頻度の指標の 1 つになると思われる。

6) また底泥上の越冬耐久卵の分布密度は，その年の初夏における輪虫類の可能生産力，或いは水変りの可能性の目安となり，水変りの長期予報の指標の 1 つになると考えられるが，具体的事項は別報に報告する。

文　　献

伊藤　隆・岩井寿夫 (1956). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅳ. 水変り池における Brachionus plicatilis の垂直分布. Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, Vol. 2, No. 2, p. 325～334.

———・——— (1956). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅴ. Brachionus plicatilis による "水変り" 過程における水質の変化. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 335～346.

伊藤　隆 (1957). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅵ. Brachionus plicatilis の増殖とプランクトン植物量との関係. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 502～508.

——— (1957). 伊勢湾西岸養鰻池の塩分とプランクトン動物相. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 473～501.

伊藤　隆・岩井寿夫 (1958). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅷ. 津市江戸橋地区の 6 面の養鰻池における昭和 30 年中の水変り. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 122～158.

伊藤　隆 (1958). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅺ. Brachionus plicatilis の耐久卵の孵化. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 178～192.

伊藤隆・岩井寿夫 (1958). 養鰻池の水変りに関する研究. Ⅸ. 冬期の水変りについて. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 159～169.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

養鰻池の水変りに関する研究

XI. *Brachionus plicatilis* の越冬耐久卵の孵化

伊　藤　　隆
(三重県立大学水産学部陸水学教室)

Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

XI. The Hatching Activity of Dormant Eggs of *Brachionus plicatilis* O. F. Müller

(*With Figs. 1-3, Tables 1-9*)

Takashi ITO
Limnological Laboratory, Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie

Résumé

The present study is to clarify the hatching process and the influence of some factors, that is, desiccation, salinity, chlorinated lime, upon the hatching of the dormant eggs of a brackish-water rotifer, *Brachionus plicatilis* O. F. Müller, which is a dominant cause of "Mizukawari", at the eel-culture ponds in the vicinity of Tsu City, Mie Prefecture.

1) With the dormant eggs produced in the laboratory the hatching process of them was made clear (Fig. 1).

2) The dormant eggs started hatching, at 20°C, two days after being put into the thermostat, three-fourths of them hatched 4 days after, and the hatching rate after 10 days was 87～98%, while at 15°C the hatching came about 2 days later than that at 20°C (Fig. 2, Table 3).

3) The most dormant eggs of rotifer in the bottom muds of those ponds in the north of Tsu City are of *Br. plicatilis*. Not noly the dormant eggs collected on the surface of the muds but those from every layer down to 6 cm under were seen hatching out. The hatching came 3～5 days belated at 20°C. (Table 1).

4) The hatching of the dormant eggs in the muds collected from those ponds was not affected by the drying at room temperature (Table 2).

5) When hatched in the green pond-water of the eel-culture pond, as a medium, the hatched females of the dormant eggs becomes mature in 1～2 days and bear amictic eggs which greatly increase and devour out the micron-algae in the medium in quite short a time. Thus in about 4～6 days after, "Mizukawari" will possibly be caused by the hatching of the dormant eggs and the great growth of the hatched (Fig. 3, Table 4).

6) The hatching of the dormant eggs is never influenced by the temporary immersion in fresh-water, nor in sea-water and the solution of chlorinated lime, neither (Tables 5～6).

7) The influence of the salinity of the medium on the hatching of the dormant eggs was quite obvious; they did hatch out neither in the water with less than Cl 1‰ and more than Cl 11‰, nor in sea-water, but it was properly done in the bra-

ckish-water of Cl 1〜10‰. (Table 7.)

8) The influence of the solution of chlorinated lime upon the hatching of the dormant eggs was observed indistinctly, which seems to be caused by the weak residual efficiency of the chemical (Table 8).

9) The lethal limit (100%, 24 hours) of the solution of chlorinated lime on the amictic females hatched out of the dormant eggs is 2.5 ppm (as available chlo.) (Table 9).

I. 緒　論

津附近の養鰻池における水変りの有力な原因である汽水産輪虫類, *Brachionus plicatilis* O. F. Müller の耐久卵の形成については, 第5報 (伊藤・岩井, 1956) 並に第6報 (伊藤, 1957) に, また養鰻池底泥上における越冬耐久卵の分布密度は第10報(伊藤, 1958) に報告した。

養鰻池底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度は, 前年暖期における輪虫類の増殖状態の一指標となり, 更に次年度暖期における輪虫類の発生可能量, 従つて水変りの生起の目安になるのではないかと思われる。その意味から津附近の養鰻池における水変りの予知・予防の基礎的研究の一環として, *Br. plicatilis* の越冬耐久卵の孵化過程, 孵化率, 孵化に対する 2・3 の要因の影響を明かにすることが出来たので, ここにその結果を報告する。

本研究に当り種々の助言と激励を与えられた本学水産学部長岡田弥一郎教授, 並に輪虫類の耐久卵その他について色々御教示戴いた東京教育大学理学部動物学教室鈴木実氏並に京都大学大津臨湖実験所主任山元孝吉氏に謝意を表します。

II. 耐久卵の材料

本実験には主として実験室で形成された, 汽水産輪虫類, *Brachionus plicatilis* O. F. Müller の越冬耐久卵を用い, また養鰻池底泥中で越冬した耐久卵も使用した。

a) 実験室で形成されたもの

S_1: 昭和 30 年 9 月 23 日から 10 月 7 日に亘り, 藍藻類, *Merismopedia tenuissima* を主成分とする養鰻池の緑色池水で培養し, 200 cc 容量の三角フラスコで形成され, 器底に沈澱した耐久卵を集め, 稀釈海水 (Cl 4 ‰) 中に浸して暗中に保存した *Br. plicatilis* の耐久卵。

S_2: 昭和 30 年 10 月 13 日から同 29 日に亘り, 上記藍藻類を主成分とする緑色池水を培養液とし, 200 cc 容量の三角フラスコに形成された *Br. plicatilis* の耐久卵を S_1 と同様に保存したもの。

S_3: 昭和 30 年 10 月 13 日から同 29 日に亘り, S_1, S_2 と同様の培養液で, 5*l* の角水槽の器底に沈積した *Br. plicatilis* の耐久卵を前述と同様に保存したもの。

これらの中, S_1〜S_2 は昭和 31 年 2 月の実験時まで浸漬水は常に無色透明で, プランクトン植物の沈澱も黄褐色或いは緑褐色を呈していたが, S_3 のみは暗所に入れると間もなく, プランクトン植物の沈澱物は黒変し, 上澄液も白濁し, 硫化水素の臭気があつた。恐らく多量の硫化水素等の硫化物が形成されたものと考えられる。この状態は 2 月の孵化実験時まで継続していた。10 月上・下旬から翌年 2 月下旬より 3 月中旬に亘る実験時まで S_1, S_2, S_3 のいずれについても孵化個体は見られなかつた。

b) 養鰻池底泥中の越冬耐久卵

昭和31年2月7日に津市江戸橋附近の，加藤養魚場第3号養鰻池（K_3池と呼ぶことにする），並に大橋養魚場第1号養鰻池（O_1池と仮に呼ぶ）の各中央部（水深約 1.2m）において，Ekman-Birge 型採泥器によつて採泥し，特別に作つた quadrat (伊藤，1958，第10報）を用いて，0，1，2，3，4，5，6cm の7層から厚さ 0.5cm の底泥を管瓶に採り，現場池水を少量加えて実験室に持ちかえり，暗所に底泥と共に保存した。この両池の底泥は表層から 0.2～0.3cm 層までは褐色を呈し，新鮮沈澱物から成り，それ以深はいずれも黒色腐泥から成り，硫化水素臭があつた。その他に加藤養魚場第4号・第5号養鰻池（K_4池・K_5池と夫々呼ぶことにする）から採集した表層泥（0～0.5cm）（2月14日，1956）も使用した。

実験方法は後述の各項に記した。

III. 実 験 結 果

(A) *Brachionus plicatilis* の耐久卵の孵化

1. 耐久卵の孵化過程

Br. plicatilis の耐久卵の外形は蚕豆状で，長径 110～150μ，短径 74～110μ。黄褐色を呈し*)，比重が大きく器底に沈降する。卵の外殻として卵殻とその内側に卵殻膜があり，卵殻膜は卵の尖端附近で2層に分れ，その間に稍々大きい空室を形成している (Fig. 1a)。耐久卵を恒温槽 (20°C) に入れると，沈積していた耐久卵の一部は浮游卵となり表面に浮上する。浮游卵は空室の基部に沿つて黒色環を生じ，この黒色環を上にして液表面に浮上するか，水中に浮游する (Fig. 1 b, c)。浮游卵の形成率は後述するように 13～16% 位である。この浮游卵は耐久卵の材料 S_1～S_3 では，実験室内の自然状態においては，形成後2～3ヶ月を経て認められ，また養鰻池底泥中の耐久卵の計数の折にも K_1～K_3 池，K_4～K_5 池，O_1～O_2 池，H 池等にしばしば見出された。(伊藤，1958，第10報参照)。恐らく卵の成熟と関係があるように思われるが，孵化は浮游卵並に沈降卵の両者に同様に行われ，その孵化過程にも差異は見出し得なかつたので，この浮上が孵化の条件であるとは考えられない。ただ浮游卵の脱殻は液の表面に浮上したままで，一方沈降卵の脱殻は器底に沈積しているので，この浮游卵の浮力は孵化と直接的関係のない，前記の黒色環に原因すると考えられるが，その本体は明かでない。

耐久卵の材料 S_3（無数の *Br. plicatilis* の耐久卵を含む）からピペットで，稀釈海水 ((Cl 4‰) を満たした 50cc 容量の三角フラスコに注入し，恒温槽 (20°C，暗中) に入れ，毎日1回その一部をとつて耐久卵の孵化過程を5日後まで追跡した。2回の観察結果は全く一致した。*Br. plicatilis* の耐久卵の孵化過程は Fig. 1 に示した。

耐久卵の孵化は 20°C の場合には，2日後から始まり，3～4 日が最も盛んで，5～7 日から徐々である。15°C の場合には 3～4 日後から孵化が始まり，4～7 日が孵化は大きい。従つて水温が高いと孵化速度も大きい。

孵化に際しては先ず耐久卵は黄褐色から灰黒色に変り，且つ内容物には顆粒が目立つ。(Fig. 1d)。その顆粒は更に大きくなり (Fig. 1e)，次に卵殻内に幼体を生ずる。幼体にはまだ被甲，肢は見られず，繊毛環の繊毛を活潑に動かし，体全体の回転が時に見られる

*) 養鰻池底泥中の *Br. plicatilis* の耐久卵は硫化物の附着のためか幾分暗色である。

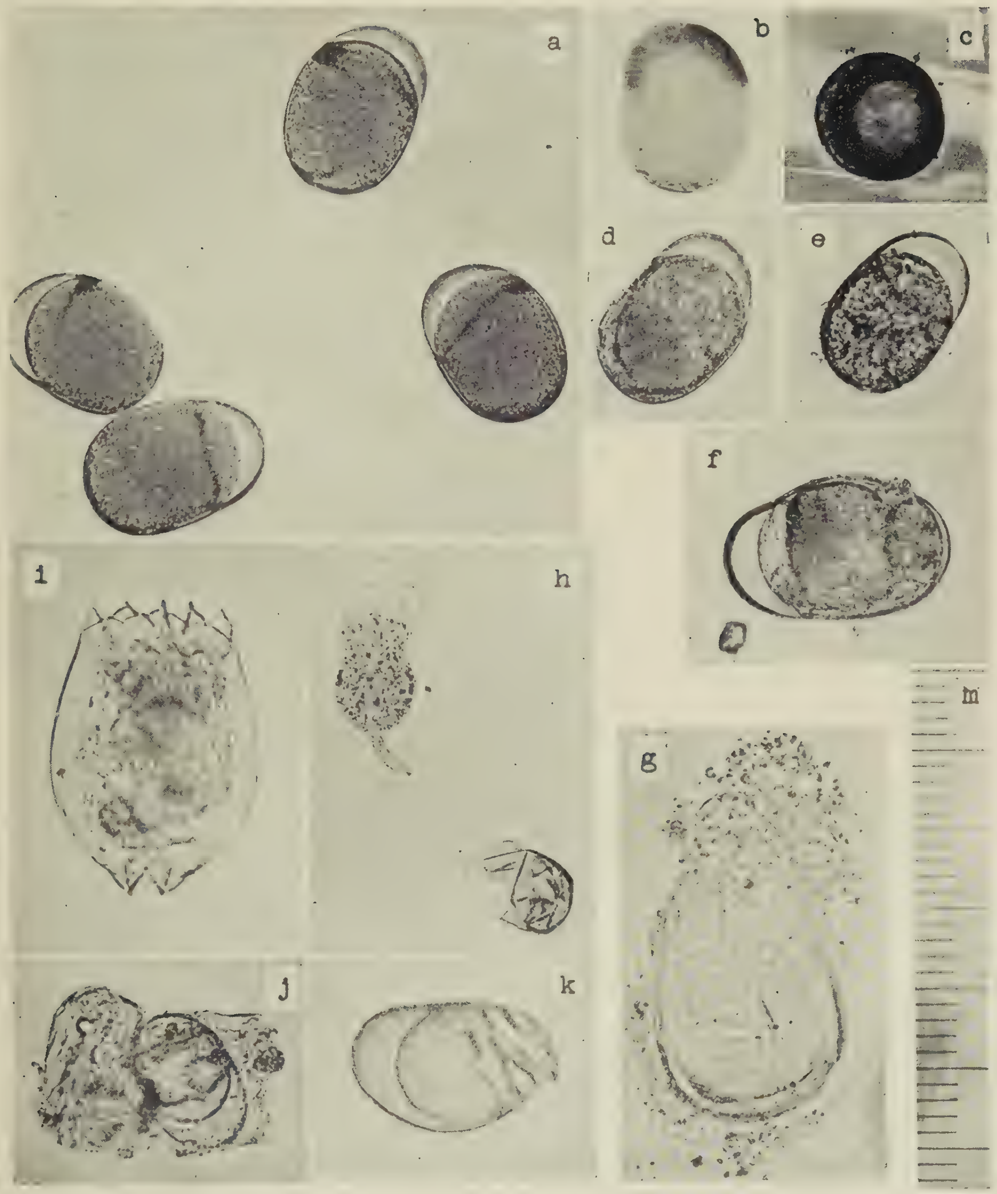


Fig. 1. The hatching process of the dormant eggs of *Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER.

a : the dormant eggs before putting in the thermostat;
b-c: the floating eggs; d-k: the demersal eggs;
d : the feature of the dormant egg after 2~3 days;
e : the feature of the dormant eggs (after 3~4 days);
f : the larvae in the dormant egg (after 4~5 days);
g : a young rotifer in the hatching (after 5 days);
h : a young rotifer in swimming out the shell (after 5 days);
i : adult (2 days after the hatching);
j : rotifer hatched from the dormant egg in the mother lorica;
k : a rotifer's shell;
m : scale, 1 scale=10μ.

(Fig. 1f)。やがて被甲並に肢を生じ，体は幾分増大し，その圧力のためか卵殻が所定の場所から裂ける。この裂目は反空室極近くにある裂線に出来る。この裂線は顆粒期頃から明瞭になる。この裂線から卵殻の一部が帽状に開く (Fig. 1k)。しかし稀に空室の基部から卵殻が破れ，游出するのも観察された (Fig. 1h)。孵化に当つては，卵殻の破れを通して体の前端から出る場合が普通であるが，極く稀に体の後端から出る場合もある。前者の場合には，繊毛環の繊毛を盛んに動かしつつ，肢を用いて卵室と空室との境の隔膜を押し徐々に体を卵殻の裂目から出し，更に卵殻の裂目の縁を押して脱出する。後者の場合には肢を逆に前方に曲げ，裂目を引き，一方繊毛環を被甲から著しく突出させ，卵室と空室との境の隔膜を押して徐々に卵殻から脱出する。脱殻をはじめてから完了するまで 15〜20 分を要する。破殻期から脱殻完了時までの *Br. plicatilis* の体長は次の通りであつた。

個体番号	耐久卵の大きさ		孵化個体の大きさ	
	長さ	幅	被甲長	被甲幅
1	112μ	80μ	136μ	87μ
2	118	87	149	87
3	112	87	149	87

また脱殻して 30 分後には体長 149μ, 幅 112μ であつた。脱殻完了後はしばらく脱殻につかまつたまま繊毛を盛んに動かし，摂餌し，水中に游出する (Fig. 1h)。その際の体の大きさは，長さ 140〜150μ, 幅 100〜110μ 位である。孵化游出し 1 日後には体長 200μ, 幅 140μ に達し (Fig. 1i)，餌料があり条件さえよければ成熟し，夏卵を生じ大増殖をはじめる。(孵化後の増殖については後述する)

母被甲中に入つたままの耐久卵が孵化した場合，耐久卵の脱殻で塞がれ，孵化個体は脱出できないでもがいているのが数個体見出された (Fig. 1j)。*Br. plicatilis* の耐久卵の発生は直接的で変態は行われない。

2. 養鰻池底泥中の耐久卵の孵化

津附近の養鰻池の底泥中には輪虫類の耐久卵が夥しく沈積していることは第 10 報（伊藤，1958）に報告した。これらの耐久卵はその形態，色調，大きさから見て，津附近の養鰻池に最も卓越している汽水産輪虫類，*Br. plicatilis* の耐久卵であろうと推定したが，その種名を決定するために，また底泥中の種々の深さの層に含まれている耐久卵が果して孵化するかどうかを明かにするためにこの実験を行つた。池底泥の材料は前述したように K_3 池，O_1 池のものを用いた。昭和 31 年 2 月 7 日に各池の底泥，0〜6 cm に亘り 0.5 cm の厚さで採集した湿泥を，実験室の暗所に 2 週間放置し，各 3 g の底泥を 50 cc 容量の三角フラスコに入れ，それに稀釈海水 (Cl 4‰) 40 cc を加え，よく振盪して後，恒温槽 (20°C, 暗黒) に入れ，孵化状況を毎日観察し，観察後はよく振盪しておいた。耐久卵の孵化状態は Table 1 に示した。

O_1 池並に K_3 池の 7 層の底泥から孵化した輪虫類は検鏡の結果，推定通り *Br. plicatilis* のみであつた。唯々 K_3 池の 3〜3.5 cm 層の底泥から *Br. plicatilis* の外に *Pedalia fennica* 1 個体が孵化した。これらの輪虫類は昭和 30 年 6 月から 11 月下旬に亘り，これらの養鰻池に絶えず出現したものである（伊藤・岩井，1958，第 8 報）。恐らく伊藤 (1958，第 10 報）が津市北部の 14 面の養鰻池の底泥中に見出した輪虫類の耐久卵はその形態か

Table 1. The experimental result of the hatching of the dormant eggs of *Br. plicatilis* in the wet muds collected from two eel-culture ponds on the nothern vicinity of Tsu-City, Mie Prefecture in early spring of 1956.

Mud Sample		Time in day 20°C in darkness											
		0		1		2		3		4		5	
Pond	Stratum cm	Floating egg	Hatched ♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀
	0~0.5	±	−	+++	−	+++	−	++	++	±	+++	−	++++
	1~1.5	±	−	+++	−	+++	−	++	++	±	+++	−	++++
	2~2.5	±	−	+++	−	+++	−	++	++	±	++	±	++
O_1	3~3.5	±	−	++	−	++	−	+	+	+	++	−	+++
	4~4.5	±	−	+	−	+	−	+	±	±	±	±	±
	5~5.5	±	−	+	−	+	−	+	±	±	±	±	±
	6~6.5	±	−	+	−	+	−	±	±	±	±	±	±
	0~0.5	−	−	−	−	−	−	−	±	−	±	−	+
	1~1.5	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	+
	2~2.5	−	−	−	−	−	−	−	±	−	±	−	+
K_3	3~3.5	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	±
	4~4.5	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
	5~5.5	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	+
	6~6.5	−	−	−	−	−	−	−	±	−	±	−	+

−, none;　±, 1~5;　+, 5~10;　++, 10~20;　+++, 20~30;　++++, 30~50.

ら見て *Br. plicatilis* のものと考える。

第2に注目すべき事実は，表層から 6cm 層に亘る7層の底泥中の耐久卵から同様に *Br. plicatilis* の孵化したことである。各泥層の耐久卵がいつ形成されたか，また実際の養鰻池においては深層底泥中の耐久卵は孵化するのか。孵化するとしても水中に游出できる限界深度はどの位か等の問題がある。これらの諸問題は底泥の沈積量，実験的研究によつて明かにしなければならない問題である。しかしこの実験結果から少くとも深層泥中の耐久卵は何等かの作用で表層に運ばれた場合には孵化の可能性のあることを示している。冬期の池替時には池の余分の底泥を取り去ることが業者の間には古くから行われているが，これは底泥中の輪虫類の越冬耐久卵を少くする点からも意味のあることである。

第3にこれらの底泥中の耐久卵の孵化は，20°C においては，実験室において形成された耐久卵と同様に，約 3~5 日の間に殆んど孵化することが分る。O_1 池の各泥層の耐久卵から孵化した *Br. plicatilis* は孵化して 1~2 日後には夏卵を 1~3 個生じ，増殖の可能性を示した。従つて条件さえよければ孵化して 1~2 日後から大増殖をはじめ水変りの原因になる可能性が考えられる。(孵化後の増殖の項参照)

第4に実験室で形成された耐久卵と同じく，底泥中の耐久卵も恒温槽に入れて 1~2 日後に多数の浮游卵が液の表層に浮上した。この浮游卵は養鰻池底泥中の耐久卵の計数の折にも見られたので，恐らく底泥上の耐久卵の一部は浮游卵として水中に浮上し，それから孵化すると考えられる。この浮游卵は池替時の排水によつて1部棄却されるであろう。

しかし K_3 池の底泥については浮游卵は確認出来なかつた。沈降卵から孵化したものと思われる。O_1 並に K_3 池の底泥は黒色腐泥より成り，硫化水素臭があつたが，このよう

な異常環境に対しても *Br. plicatilis* の耐久卵は著しい抵抗性をもつていることが分る。

3. 乾燥底泥中の耐久卵の孵化

輪虫類の耐久卵は一般に乾燥に対する抵抗性が強い (PENNAK, 1953)。*Br. plicatilis* の耐久卵の乾燥に対する抵抗性を知るために簡単な実験を行つた。実験には K_4 池並に K_5 池の底泥（前述）を用いた。昭和 31 年 2 月 14 日に Ekman-Birge 型採泥器で採集した底泥（0～0.5cm）は実験室で室温で風乾し，1 週間放置しからからに乾かし，その 2g を 50cc 容量の三角フラスコに入れ，40cc の稀釈海水 (Cl 4‰) を加え，よく振盪し固まりをほぐし，恒温槽 (20°C, 暗黒) に入れ，5 日後まで孵化状況を観察した。結果は Table 2 に示した。

Table 2. The experimental result of the hatching of the dormant eggs of *Br. plicatilis* in the dry muds collected from two eel-culture ponds in Tsu-City, Mie Pref. in early spring of 1956.

Dry mud sample		Time in day 20°C in darkness									
		1		2		3		4		5	
Pond	Stratum cm	Floating egg	Hatched ♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀	F. E	♀♀
K_4	0～0.5	+++	−	+++	−	++	++	−	+++	−	+++
K_5	0～0.5	+++	−	+++	−	+	++	±	+++	−	++++
	〃	++	−	++	−	+	+	±	++	−	+++

乾燥底泥中の耐久卵の孵化は，湿泥並に実験室で形成された耐久卵と同様に，3～5 日後には殆んど孵化し，更に 4～5 日後には，即ち孵化して 1～2 日後には成熟し 2～3 個の夏卵を附着し，増殖の段階に至つた。従つて 1 週間位の風乾によつては *Br. plicatilis* の耐久卵は殆んど影響を受けることはない。実際の養鰻池ではその立地から見て，滲出水があるので，冬期の池替時に長期に亘り乾燥させることは不可能に近く，また可能としても耐久卵の撲滅は池干しによつては期待出来ないであろう。

4. 耐久卵の孵化率

Br. plicatilis の耐久卵の孵化状況と孵化率を明かにするために，実験室で形成された耐久卵の材料，S_1, S_2, S_3 を用いて孵化実験を行つた。50cc 容量の三角フラスコに 40cc の稀釈海水（Cl 4‰）を入れ，それに S_1, S_2, S_3 から夫々多数の耐久卵を浸漬水と共に駒込ピペットで前記の三角フラスコに入れた。耐久卵の数は 40cc について夫々 1820, 1100 個，1400 個であつた。その中の死卵は夫々 12.7%, 16.4%, 14.3% で，秋に実験室で形成された耐久卵の約 13～16% は死卵であると推定される。各フラスコの耐久卵は恒温槽に入れる前に各々数回の計数を繰返して，1cc 中の耐久卵数を決定しておき，恒温槽 (20°C, 或いは 15°C, 暗黒）に入れて後，浮游卵，沈降卵，孵化個体の変化を 8 日後まで追跡した。計数はフラスコをよく振盪し乍ら，駒込ピペットで 1cc を抽出し，計数盤に移し，計数した。計数したものは孵化前には元にかえし，孵化後は動いて計数出来なかつたので，フォルマリン 2 滴を加えて固定して計数した。同様のことを 3 回繰返してその平均をとり，それによつて孵化率を算出した。この場合のサンプリングは略々妥当であ

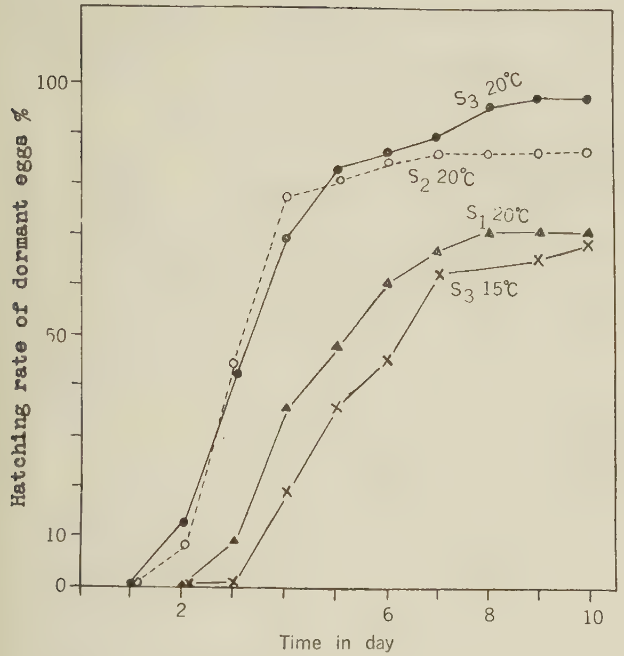


Fig. 2. The hatching rate of the dormant eggs of *Brachionus plicatilis*.
The figures, S_1, S_2 and S_3, indicate the samples of the dormant eggs produced in the laboratory.

つた。 結果は Fig. 2, 並に Table 3 に示した。

Table 3 に明かのように，恒温槽に入れて 1〜3 日後に浮游卵を生じ，表層に浮上する。この浮游卵は沈降卵と同様に孵化する。浮游卵の生成率は全体の 13〜16% である。浮游卵は 3〜4 日後から減少するか，全く消失し，浮游脱殼が浮游のままで残る。*Br. plicatilis* の耐久卵の孵化状況並に孵化率は Fig. 2 並に Table 3 に明かのように，耐久卵の材料によつて稍々異つている。

S_2, S_3 は略々同様の孵化傾向を示し，2 日後から孵化が始まり，3〜5 日後の孵化が最も大きく，その後は 10 日後まで徐々であつた。 10 日後までの孵化率は夫々 87%, 98.3% であつた。 S_1 の孵化速度は稍々おそく，孵化 3 日後から始まり，4〜6 日後の孵化が最も盛んで，10 日後までに全体の 71% が孵化した。15°C に保つた場合の耐久卵の孵化速度は 20°C の場合より稍々おそく，3 日後から僅かに孵化を始め，4〜7 日後に孵化は盛んで，10 日後までの孵化は 69.4% で，この孵化率も稍々小さい。従つて 15°C 並に 20°C においては *Br. plicatilis* の越冬耐久卵の 10 日

Table 3. The hatching rates of the dormant eggs of *Br. plicatilis*. The figures, S_1, S_2 and S_3, show the samples of the dormant eggs produced in the laboratory.

Sample		Time in day 20°C in darkness								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
S_1	Floating eggs	1.9 %	9.6 %	6.5 %	16.1 %	3.2 %	3.2 %	1.6 %	1.6 %	0 %
	Rotifers hatched	0	0	0	9.7	36.7	48.4	61.3	67.7	71.0
S_2	Floating eggs	4.3	8.6	12.9	4.3	2.2	0	0	0	0
	Rotifers hatched	0	0	8.7	43.5	78.3	82.6	87.0	87.0	87.0
S_3	Floating eggs	10.0	13.3	13.3	3.3	3.3	0	0	0	0
	Rotifers hatched	0	0	13.3	43.3	70.0	83.3	86.7	90.0	96.7
		15°C in darkness								
S_3	Hatching rate	0	0	0	0.9	19.4	36.1	45.3	63.9	65.7

後までの孵化卵は約 70～98% であり，他の耐久卵も孵化過程にあつたので，恐らく殆んど大部分の耐久卵が孵化可能と見てよいと思われる。また実験室で形成された耐久卵の孵化速度は，前述の養鰻池底泥中の耐久卵のそれによく一致している。

(B) *Br. plicatilis* の耐久卵の孵化後の増殖

越冬耐久卵は孵化後どの位して大増殖を始めるか。その増殖機構はどうかを明かにすることは，*Br. plicatilis* の越冬耐久卵の孵化時におけるこの輪虫の大増殖と水変りとの関連を見究める上にも重要な問題であるので，耐久卵の材料 S_3 を用いて実験を行つた。培養液としては沪過稀釈海水 (Cl 4‰，輪虫の餌料としての植物性プランクトンを欠く）と，養鰻池の緑色池水*) を用いた。後者は O_2 池から2月 28 日 (昭 31) に採水し，実験室に持ちかえり，Müllergaze × ×16 で沪過した沪液の緑色池水を使用した。この緑色池水の主成分は藍藻類の *Chroococcus dispersus* であり，その密度は 6.858 × 10^6 cells/cc で，その他に硅藻類の *Navicula* sp., *Chaetoceros Muelleri* も見られたが，極めて少く計数に至らなかつた**)。

前記の稀釈海水並に緑色池水を，200 cc 容量の三角フラスコに 100 cc とり，それに *Br. plicatilis* の耐久卵の材料 S_3 から at random に培養液 1 cc について約 23 個の割合に加えて，透明ガラス窓の付いた恒温槽に入れ 20°C に保つた。毎日 1 回フラスコをよく振盪し乍ら駒込ピペットで 1 cc をとり，計数盤を用いて，耐久卵数並に孵化増殖個体数の変化を 2 週間に亘つて追跡した。サンプリングは各各 2 回繰返してその平均をとつた。結果は Fig. 3 並に

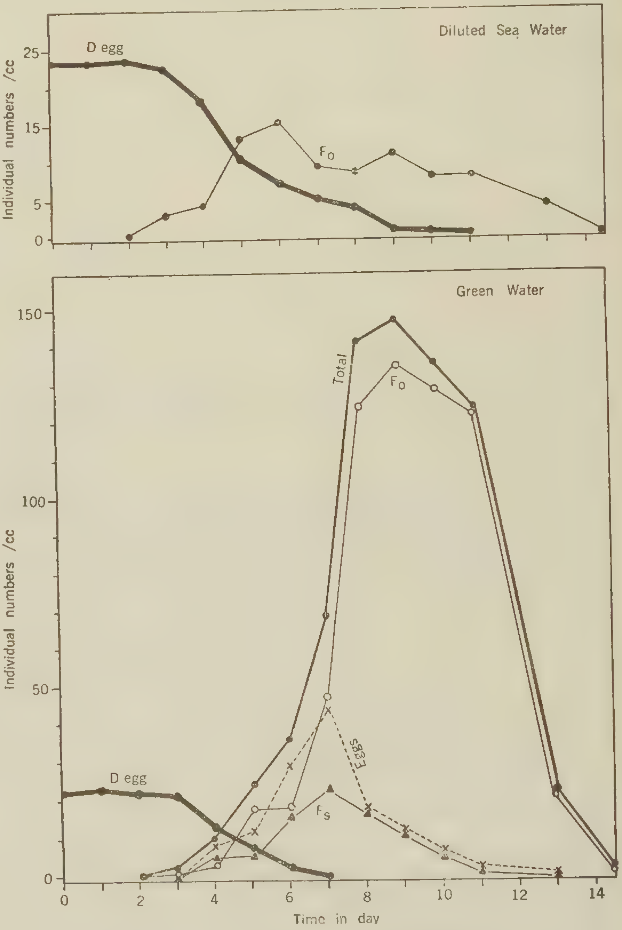


Fig. 3. The reproduction of *Br. plicatilis* in two media, diluted sea water and green pond water, after the hatching of the dormant eggs.
D-egg: initial dormant eggs; F_0: amictic female without amictic eggs; F_s: amictic female with amictic eggs; Eggs: total number of the amictic eggs; Total: F_0+F_s.

*) 塩素含有量 5.82‰.
**) 種類の査定並に計数は本研究室岩井寿夫助手を煩わした。

Table 4 に示した。

Table 4. The reproduction of *Br. plicatilis* in two media after the hatching of the dormant eggs.
The figures in the table indicate the number of individuals per cc.

Sample of D.E.	Culture medium		Incubation days 20°C													
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15
S_3	Diluted Sea-water (Cl 4‰)	D. E.	23	23	23.5	21	18	10	7	5	4	1.5	1	0.5	0.5	0.5
		H. R. %	0	0	0	13.0	21.7	56.5	69.6	78.3	82.6	93.5	95.7	97.8	97.8	97.8
		F_0	0	0	0	3	4	13	15	9	8	11	8	8	4	0
		F_s (1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Egg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_3	Green pond water	D. E.	22	23	21	22	13	7	3	1	1	1	0	0	0	0
		H. R. %	0	0	0	4.5	40.9	68.2	86.4	95.5	95.5	95.5	100	100	100	100
		F_0	0	0	0	1	3	18	18	46	124	135	129	123	22	2.5
		F_s(1)	0	0	0	0	3	2	8	5	17	11	6	1.5	0.5	0
		F_s(2)	0	0	0	0	1	3	9	14	0	0	0	0	0	0
		F_s(3)	0	0	0	0	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0
		Egg	0	0	0	0	8	11	29	45	17	11	6	1.5	0.5	0

D. E.: the number of the dormant eggs;
H. R.: the hatching rate of the dormant eggs (%);
F_0: amictic female without amictic eggs;
F_s: amictic female with amictic eggs, and the suffix, (1)〜(3), show the number of hanging eggs;
Egg: total number of the amictic eggs.

稀釈海水では耐久卵は 3 日後から孵化をはじめ，4〜6 日後の孵化が大きく，5 日後には 57%，10 日後 96%，15 日後には 98% が孵化し殆んど全部の耐久卵が孵化した。

一方孵化した amictic female (♀♀) は殆んど成長せず，夏卵を生ずることもなく，体は無色を呈した。生存個体の最大密度は 6 日後に 15 個体/cc に達したが，7 日後から死滅しはじめ，15 日後には全く斃死してしまつた。従つて餌料のない培養液においても，水温を上げ，20°C に保つと，耐久卵は殆んど全部孵化はするが，孵化後の増殖はおこらない。

これに対し，植物性ナンノプランクトンを豊富に含んだ養鰻池の緑色池水を培養液としたものでは，耐久卵の孵化速度は稀釈海水と同じく 3 日後から始まり，4〜6 日後の孵化が大きく，5 日後には全体の 68% が，7 日後には 96% が孵化し，10 日後には 100% 孵化した。孵化した amictic female は 1 日後には成熟し，夏卵の生産が行われ，携帯卵数は 1〜3 個の ♀♀ まで出現し，大増殖の段階に至つた。2 日後にはその個体数密度は 24 個体/cc となり最初の耐久卵の密度をこえ，6 日後（耐久卵を恒温槽に入れて 9 日後）に最大密度 146 個体/cc に達し，7 日後から斃死が始まり，孵化して 12 日後には 2.5 個体/cc に減少した。この場合の増殖機構は緑色池水に amictic female を入れた場合の増殖機構*) と全く同じであつた。

*) *Br. plicatilis* の増殖機構の詳細は別報で報告する予定である。amictic female からの増殖状況の一部は第 2 報・第 5 報に記した。

この場合の水色の変化系列は，*Br. plicatilis* の大増殖と植物性プランクトンの捕食作用により，最初の5日間位は緑色を呈していたが，6日後頃から黄緑色となり澄みはじめ，7〜9日後には黄褐色となり著しく澄み，10日後から殆んど透明になつた。この変化系列は養鰻池の水変りの場合，並に既に報告した実験結果と全く一致している。従つて養鰻池底泥中の耐久卵の孵化実験並に本実験の結果から見て，*Br. plicatilis* の耐久卵は水温15〜20°C位では2〜4日間で孵化しはじめ，孵化した amictic female は餌料としての植物性プランクトンが豊富にあり，条件さえよければ，1〜2日位で成熟し，多数の夏卵を生じて大増殖し，孵化後6日位には飽和密度に達し，植物性プランクトンを喰いつぶし水変りをおこさせる可能性があると考えられる。

(C) *Br. plicatilis* の耐久卵の孵化に対する塩分濃度並に漂白粉の影響

Br. plicatilis による水変りの予防の基礎的研究の一環として，越冬耐久卵の孵化に対する塩分並に漂白粉の影響を調べた。実験は一時処理と継続処理の2つの方法で行つた。

1. 一時処理の場合

各種塩分濃度の稀釈海水並に漂白粉の各々20ccに *Br. plicatilis* の越冬耐久卵 (S_3) を約420個入れ，本学水産学部廊下の暗所 (A.T. 6.0〜10.5°C) に5日間放置して後[*]，各液中の耐久卵は稀釈海水 (Cl 4‰) で遠心分離器によつて数回洗滌し，最後に稀釈海水 (Cl 4‰) 20cc を入れて，恒温槽 (25°C) に入れた。control は 4‰ (Cl) 稀釈海水に5日間浸漬し，その後の操作は実験群と同様にした。孵化状況を追求し，塩分濃度並に漂白粉の一時処理の効果を調べた。結果は Tables 5〜6 に示した。

Table 5. The effect of the temporary immersion in the water of various chlorinity on the hatching of the dorment eggs.
The dormant eggs are immersed in the fresh-, sea- and brackish waters for 5 days, and they are transfered in the diluted sea water (Cl 4‰) in the thermostat (20°C, darkness).

Concentration Cl ‰	Incubation days 20°C							
	0	1	2	3	4	5	6	7
					%			
Fresh-water	−	−	++	+++	+++ 53	+++	+++	++
0.1‰	−	−	++	+++	+++ 44	+++	+++	++
0.5	−	−	++	+++	+++ 39	+++	+++	++
1.0	−	−	++	+++	+++ 54	+++	+++	+++
5.0	−	−	++	+++	+++ 44	+++	+++	+++
9.0	−	−	++	+++	+++ 41	+++	+++	+++
11.0	−	−	++	+++	+++ 44	+++	+++	+++
15.0	−	−	++	+++	+++ 43	+++	+++	+++
Sea-water (19.32‰)	−	−	++	+++	+++ 45	+++	+++	+++

a) 塩分濃度の影響 (Table 5)

Table 5 に明かのように，稀釈海水 (Cl 0.1〜15‰)，井戸水並に海水の一時処理（5日間浸漬）をしたものは，すべて2日後から孵化が始まり，4日後には39〜54% が孵化し，

[*] その期間中浮游卵並に孵化個体は全く見られなかつた。

且生存した。従つて淡水・海水・各種塩分の汽水の耐久卵の孵化に対する一時浸漬の効果は認められない。従つて淡水或いは海水を池替時に一時的に注入しても，底泥上の耐久卵の control に効果があるとは考えられない。

b) 漂白粉の影響 (Table 6)

Table 6 に明かのように，いずれも 2 日後から耐久卵は孵化し始め，4 日後には 42〜62% が孵化した。唯々 10ppm のみが孵化率は小さいが，他は control と大差ない。従つて漂白粉 0.5〜20ppm の濃度の 5 日間の一時浸漬によつては *Br. plicatilis* の耐久卵の孵化は影響を受けないといえる。それで冬期の池替時における漂白粉の消毒によつては耐久卵は殺卵されないと思われる。

Table 6. The effect of the temporary immersion in the various concentrations of chlorinated lime solution on the hatching of the dormant eggs.
The figures in the 6th column indicate the hatching rates (%) of the dormant eggs.

Concentration as available Cl	Incubation days 20°C							
	0	1	2	3	4	5	6	7
20 ppm	−	−	+	+	⧻ 62	⧻	⧻	⧻
10	−	−	±	+	+ 13	±	±	±
5.0	−	−	+	⧺	⧻ 55	⧻	⧻	⧻
2.0	−	−	+	⧺	⧻ 50	⧻	⧻	⧻
1.0	−	−	+	⧺	⧻ 57	⧻	⧻	⧻
0.75	−	−	+	⧺	⧻ 46	⧻	⧻	⧻
0.5	−	−	+	⧺	⧻ 42	⧻	⧻	⧻
Control	−	−	+	⧺	⧻ 48	⧻	⧻	⧻

2. 継続処理の場合

淡水・海水・各種塩分汽水，並に漂白粉の各々 20cc に前記の *Br. plicatilis* の越冬耐久卵を約 420 個入れ，第 1 実験と同様に，同場所に 5 日間放置して後，稀釈海水で洗滌することなく，そのまま恒温槽 (25°C) に入れ，その後の孵化状況を観測し，塩分濃度並に漂白粉の継続処理の効果を追究した。結果は Tables 7〜8 に示した。

a) 塩分濃度の影響 (Table 7)

Table 7 に明かのように，耐久卵の孵化に対する塩分濃度の影響は顕著である。Cl 1〜11‰ ではいづれも 2 日後から耐久卵の孵化がはじまり，その後日が立つにつれて，Cl 0.5, 0.1 並に 15‰，また海水でも孵化し，5 日後には Cl 0.1‰ 以上の汽水並に海水でも孵化し，♀♀ は生存していた。しかし淡水では全く孵化せず，耐久卵は黄褐色のままで孵化の進行中にある卵は認められなかつた。また高鹹部の Cl 15‰ 並に海水に浸漬した耐久卵は osmosis によつて卵の内容物は収縮していた。

孵化率は Cl 5 並に 9‰ は 50% 以上で，前述の正常の場合の孵化率と略々一致するが，それから高鹹並に低鹹に向うにつれて孵化率は低下する。従つて耐久卵の孵化に対する塩分の著しい影響は Cl 1% 以下の低鹹部と，Cl 11% 以上の高鹹部に見られるといえる。これは汽水産輪虫類としての，*Br. plicatilis* の棲息塩分限界 (Cl 0.66〜12.27‰; 伊藤，1957 並に未発表) と略々一致していることは興味深い。

Table 7. The effect of chlorinity of the media on the hatching of the dormant eggs.
The figures in the table indicate the hatching rate (%).

Concentration Cl ‰	Incubation days 20°C								
	0	1	2	3		4	5		6	7
Fresh-water	−	−	−	−	0	−	−	0	−	−
0.1‰	−	−	−	−	0	−	±	6	±	±
0.5	−	−	−	−	0	±	+	15	+	++
1.0	−	−	±	±	18	+	+	21	+	++
5.0	−	−	++	+++	57	+++	+++	68	+++	+++
9.0	−	−	++	+++	50	+++	+++	59	+++	+++
11.0	−	−	+	++	39	++	++	33	+++	+++
15.0	−	−	−	±	6	±	±	10	++	++
Sea-water (19.32‰)	−	−	−	−	0	−	±	3	±	±

b) 漂白粉の影響 (Table 8)

Table 8 に明かのように，いづれも 2 日後から孵化しはじめ，3 日後の孵化率は 21〜31% で大差なく，5 日後の孵化率は，5 ppm 以下の濃度では 45〜53% で control と著しい差はないが，10〜20 ppm では 17〜23% で小さく，影響がある。この結果は amictic female に対する漂白粉の致死濃度（後述）より効果は小さい。これは漂白粉の残効性の小さいことに原因していると考えられる。

Table 8. The effect of chlorinated lime solution on the hatching of the dormant eggs.
The figures show the hatching rate (%).

Concentration as available Cl	Incubation days 20°C								
	0	1	2	3		4	5		6	7
20 ppm	−	−	+	++	21	++	++	23	++	++
10	−	−	+	++	23	++	++	17	++	++
5.0	−	−	++	+++	31	+++	+++	48	+++	+++
2.0	−	−	++	+++	28	+++	+++	50	+++	+++
1.0	−	−	++	+++	29	+++	+++	47	+++	+++
0.75	−	−	++	+++	29	+++	+++	45	+++	+++
0.5	−	−	++	+++	29	+++	+++	53	+++	+++
Control	−	−	++	+++	24	+++	+++	45	+++	+++

(D) *Br. plicatilis* に対する漂白粉の致死濃度

耐久卵から孵化し増殖した *Br. plicatilis* の amictic female に対する漂白粉の致死濃度を明かにするためにこの実験を行つた。

実験には越冬耐久卵 (S_3) から孵化させ，藍藻類の *Chroococcus dispersus* を主成分とする養鰻池の緑色池水を培養液として増殖させた *Br. plicatilis* の amictic female を用いた。この amictic female は増殖末期にあり，小型群より成つていた。1cc 中の密

Table 9. The effect of chlorinated lime solution on the amictic females of *Br. plicatilis* hatched from the dormant eggs.

Concentration as available Cl	Survival rate (%)	
	1 hour	24 hours
0.5 ppm	100%	100%
0.75	97	78
1.0	90	65
2.5	0	0
5.0	0	0
10.0	0	0
Control	100	100

度 124 個体の輪虫水を 30cc 容量の三角フラスコに 20cc とり，漂白粉原液を加えて所定の濃度にし，その効果を 1 時間後，24 時間後によく撹拌し乍ら，1cc を抽出し，生存率を算出して，その効果を比較した。結果は Table 9 に示した。

Table 9 に明かのように，耐久卵から孵化し増殖した *Br. plicatilis* の amictic female に対する漂白粉の 100% 致死濃度は 2.5 ppm 以上である。これは養鰻池の水変り時に採集した本種の致死濃度（伊藤，1956，第 3 報）より稍々大きいところにある。

摘　　要

1)　本研究は，実験室で秋に形成され，また津市北部の養鰻池群の底泥中の汽水産輪虫類，*Brachionus plicatilis* O. F. MÜLLER の越冬耐久卵の孵化過程を明かにすると共に，孵化に対する 2・3 の要因，乾燥，塩分濃度，漂白粉等の影響を究明するために行つたものである。

2)　実験室で形成された越冬耐久卵によつて，*Br. plicatilis* の耐久卵の孵化過程を明かにした(Fig. 1.)。

3)　実験室において秋に形成された耐久卵の中，13～18% が死卵であり，生卵のうち，約 13～16% が孵化前に浮游卵となり浮上する。他は沈降卵である。孵化は浮游，沈降両卵で差異はない。

4)　耐久卵は 20°C においては，2 日後から孵化をはじめ，4 日後には約 3/4 が孵化し，5 日後からの孵化は徐々である。10 日後の孵化率は 87～98% で殆んどの耐久卵が孵化する。15°C では孵化過程は 20°C のそれより 1～2 日おくれる。

5)　津市北部の養鰻池底泥中の輪虫類の耐久卵は（伊藤，1958，第 10 報）は，孵化実験の結果，殆んどすべて *Br. plicatilis* であることが分つた。底泥表層のみでなく，深さ 6cm までの各層中にある耐久卵も孵化した。孵化は 20°C で，3～5 日後に行われた。

6)　養鰻池底泥中の耐久卵は，風乾によつては，その孵化は影響を受けなかつた。従つて池替時の池底の風乾による耐久卵の殺卵効果の可能性は期待出来ない。

7)　養鰻池の緑色池水（主として藍藻類の *Chroococcus dispersus* より成る）を培養液として耐久卵を孵化させると，孵化個体は 1～2 日後には成熟し，amictic egg（夏卵）を生じ，大増殖をして短時日にプランクトン植物を喰いつぶす。従つて条件さえよければ耐久卵が孵化して，約 4～6 日後には，異常増殖して“水変り”をおこす可能性がある。

8)　越冬耐久卵の孵化に対する淡水・各種塩分濃度汽水・海水並に漂白粉の一時処理（5 日間浸漬）の効果は殆んど認められない。従つて冬期の池替時における淡水・海水の注入並に漂白粉消毒の効果は期待出来ない。

9)　耐久卵の孵化に対する淡水・各種塩分濃度汽水・海水並に漂白粉の継続処理を試みた。漂白粉の効果は顕著ではない。これは漂白粉の残効性の小さいことに原因すると思わ

れる。一方塩分濃度の影響は顕著であり，淡水では全く孵化せず，また Cl 1‰ 以下の低鹹部並に Cl 11‰ 以上海水までの高鹹部では耐久卵の孵化は著しく阻害される。

10) 耐久卵から孵化し増殖した amictic female に対する漂白粉の 100% 致死濃度は 2.5 ppm（有効塩素量として）以上である。

11) 従つて *Br. plicatilis* の耐久卵は各種要因に対する抵抗性が強く，池替時に底泥中の耐久卵を撲減する適当の方法は現在まで明かにされていない。有効な殺卵法の解明は今後の課題であろう。しかし業者が古くから行つている池替時の底泥の除去は，輪虫類その他の耐久卵を少くする点にも意味があると思われる。

文 献

伊藤 隆 (1955). 養鰻池の水変りに関する研究 (III). 水変り池の Brachionus plicatilis に対する晒粉・硫酸銅・消石灰・海水並に淡水の致死濃度. Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie. Vol. 2, No. 1, p. 317～324.

伊藤隆・岩井寿夫 (1956). ――――― (V). Brachionus plicatilis による“水変り”過程における水質の変化. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 335～346.

伊藤 隆 (1957). ――――― (VI). Brachionus plicatilis の増殖とプランクトン植物量との関係. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 509～516.

――― (1958). ――――― (X). 養鰻池底泥上における輪虫類の越冬耐久卵の分布密度. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 170～177.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

養鰻池の水変りに関する研究

XII. プランクトン動物の動きと水変り

伊　藤　　隆・岩　井　寿　夫
（三重県立大学水産学部陸水学教室）

Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

XII. The Relation between the Dynamics of Zooplankton and "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

(*With Figs. 1-12*)

TAKASHI ITO and TOSHIO IWAI
Limnological Laboratory, Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie

Résumé

The present observation were made to clarify the relation of the dynamics of the zooplankters with "Mizukawari" in the daily changes of the water quality of the ponds, the phytoplankton, the zooplankton, the conditions of the cultured eels at the four eel-culture ponds in the north of Tsu City, Mie Prefecture, starting on April 20 to the end of June, and the following results were obtained.

1) At the pond O_2, "Mizukawari" was observed three times, and each "Mizukawari" was accompanied with the great reproduction of *Brachionus plicatilis* and *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* of brackish-water rotifer (Figs. 1~3).

2) At the pond O_1, it was observed twice and the great growths of *Br. plicatilis* and *K. cruciformis* var. *eichwaldi* occurred as was the case with the pond O_2 (Figs. 4~6).

3) At the pond K_2, it was also observed twice: at the lst "Mizukawari" a considerable reproduction of the five species of rotifers, *Br. plicatilis*, *Br. calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, and *K. cruciformis* var. *eichwaldi*, was observed, and at the 2nd "Mizukawari", the great growths of *Moina dubia* of Cladocera and of *Br. angularis* of fresh-water rotifer, were observed (Figs. 7~9).

4) At the pond M_2, neither "Mizukawari" nor any great growth of rotiters nor any sudden decrease of phytoplankton were observed (Figs. 10~12).

5) Accordingly it is quite clear that the "Mizukawari" at the above-mentioned four eel-culture ponds were chiefly accompanied with the great growth of rotifer and cladoceran. But at the ponds where any great growth of the two never occurred, the pond water remained normal, without any "Mizukawari".

6) Those "Mizukawari" seem to be caused by the great growths of rotifer chiefly, and of cladoceran sometimes, and also by their evident grazing activity on micron-algae.

I. 緒　　論

津附近の養鰻池における水変りには殆んど例外なく汽水産輪虫類の *Brachionus plica-*

tilis O. F. Müller, *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* Levander 等の大増殖が見られる。(伊藤・岩井，1956，第4報；伊藤・岩井，1958，第8報)。これらの輪虫類の異常増殖とその著しい植物性 nannoplankton の捕食作用が水変りの一因であることを一連の実験的研究（伊藤，1955 a, b；伊藤・岩井，1956）によつて明かにした。輪虫類の増殖速度は一般的に速く，従つて水変りの推移も極めて早いので，1週間の観測間隔ではその実体を把握することは困難であり，水変りと輪虫類の動きとの関係を明かにし，また水変りの予知に資するには更に詳細な観測が必要である。また消費者としてのプランクトン動物の相互関係が輪虫類，その他のプランクトン甲殻類の増殖に対し影響を与えるのではないかと考えられるが，この点については従来殆んど分つていない。

これらの点を明かにし，また第8報に不充分であつた観測を補い，養鰻池におけるプランクトン動物の動態と水変りとの関係を究明し，水変りの予知に資するため，本研究において短期間であるが，詳細な観測を行つた。

本研究に当り種々の助言を与えられた本学水産学部長岡田弥一郎教授，並に観測に際し色々の便宜と助力を与えられた池の所有者加藤慎太郎・大橋房男・黒宮正郎三氏に深甚の謝意を表します。本研究の大要は日本水産学会（昭 32. 4 月，東京）で発表した。

II. 調　査　方　法

調査は津市栗真町屋町加藤養魚場第2号養鰻池（仮に K_2 池と呼ぶ），大橋養魚場第1・第2号養鰻池（仮に O_1・O_2 池と呼ぶ），並びに津市島崎町黒宮養魚場第2号養鰻池（仮に M_2 池と呼ぶ）の4面の池で行つた。観測は昭和31年4月20日から6月下旬に亘り，隔日に主として午前10時～12時の間に，各池の定点で表層水について行つた。観測した水質要素並に分析方法は第8報と同じである。植物性プランクトンの定量は表層水を酸素瓶に採水したものについて血球計算盤によつて計数し，池水 1cc 中の細胞数として表現した。動物性プランクトンの定量には今回は2つの方法を併用した。輪虫類並に繊毛虫類は主として表層水を約100cc 容量の酸素瓶に採水し，フォルマリンで固定して沈澱させ，2cc 又は 4cc に濃縮し，その中の0.5ccを抽出し，計数盤に移し，個体数を計数した。プランクトン甲殻類その他の大型のプランクトン動物は，池水 10lをミュラーガーゼ ××10 のプランクトン・ネットで沪過し，フォルマリンで固定沈澱させ，その量に従つて 2cc, 4cc，5cc に濃縮し，その中から 0.5cc を抽出し，計数盤で計数した。酸素瓶法で輪虫類並に繊毛虫類の密度が小さい場合には，後者のネット・プランクトンについて計数した。個体数密度は池水 1l 当りとして算出した。

III. 観　測　結　果

O_2・O_1・K_2・M_2 の4面の養鰻池における水質，植物性プランクトン，動物性プランクトン並に水変りの状況は Figs. 1～12 に示した。ここにはプランクトン動物の動きと水変りとの関係を各池について述べることにする。

O_2 池 (Figs. 1～3)

昭和31年4月20日から6月末に亘り，3回の水変りが観測された。

第1次水変り（5月13日～23日頃）

5月 13 日からウナギの餌付は全くなくなり，一部鼻上げをした。動物性プランクトン

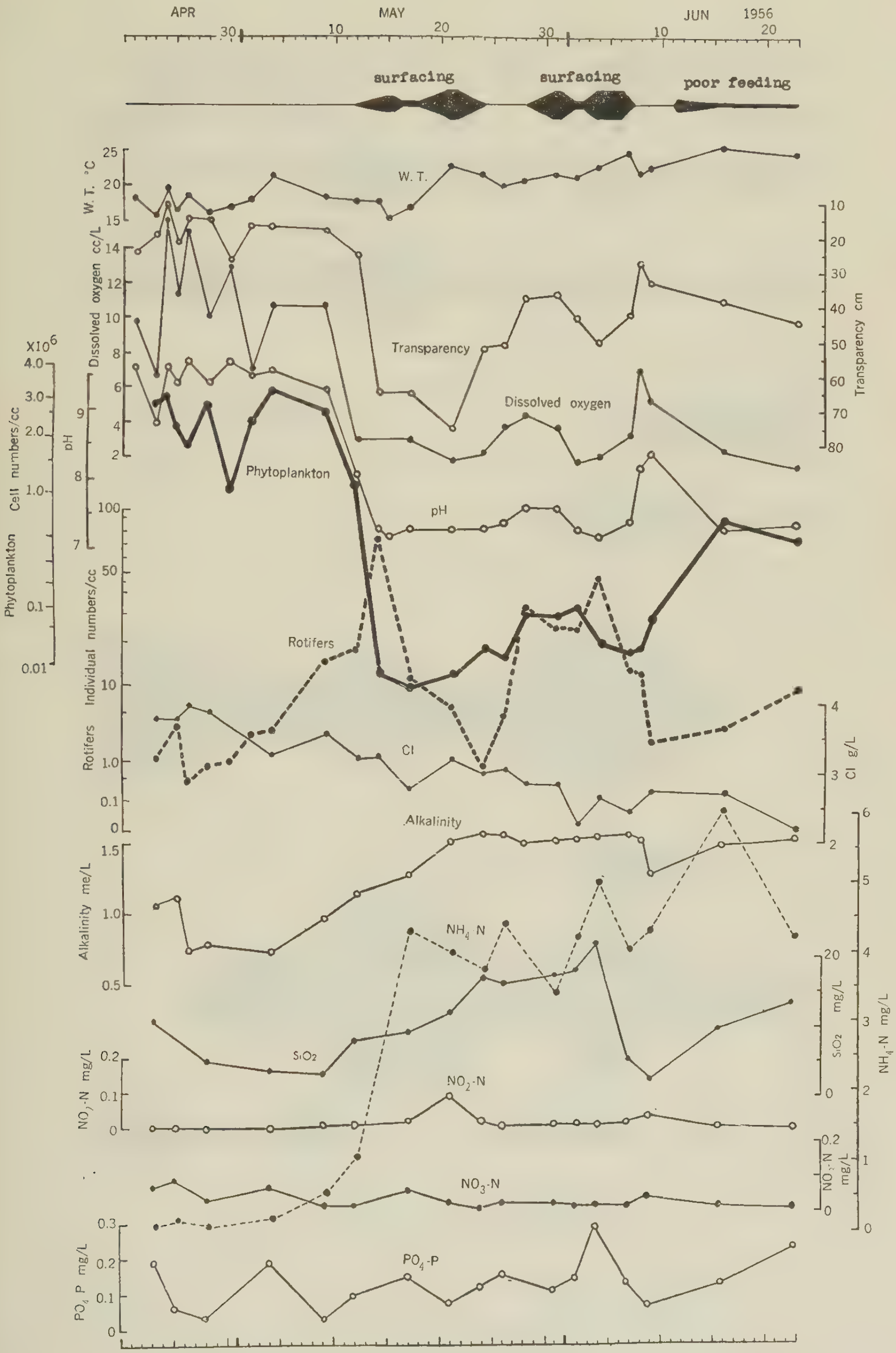


Fig. 1. The figure showing the relation between the daily changes of physico-chemical factors, rotifers, phytoplankton and "Mizukawari" in the pond O_2.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

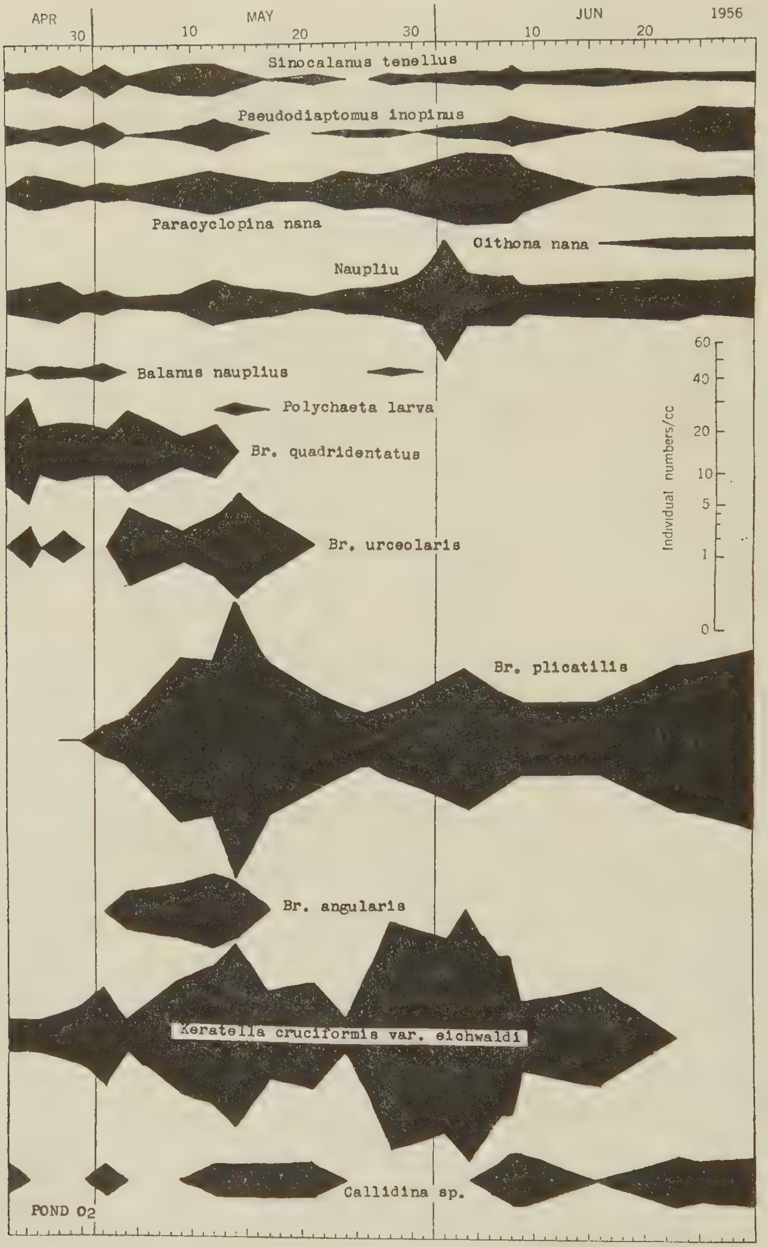


Fig. 2. The daily changes of zooplankters in pond O_2.
The figures illustrating with "spherical curve method".

の動きを見ると，4月下旬から増殖を始めた輪虫類の *Brachionus urceolaris*, *Br. quadridentatus*, *Br. plicatilis*, *Br. angularis*, *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* の中，特に汽水産輪虫類の *Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* が5月上旬から大増殖を始め，5月14日に最大個体数密度 75.8 個体/cc に達した。この最大密度と水変りの最盛時は略々一致している。輪虫類はその後急激に減少し，24日には 0.9 個体/cc に

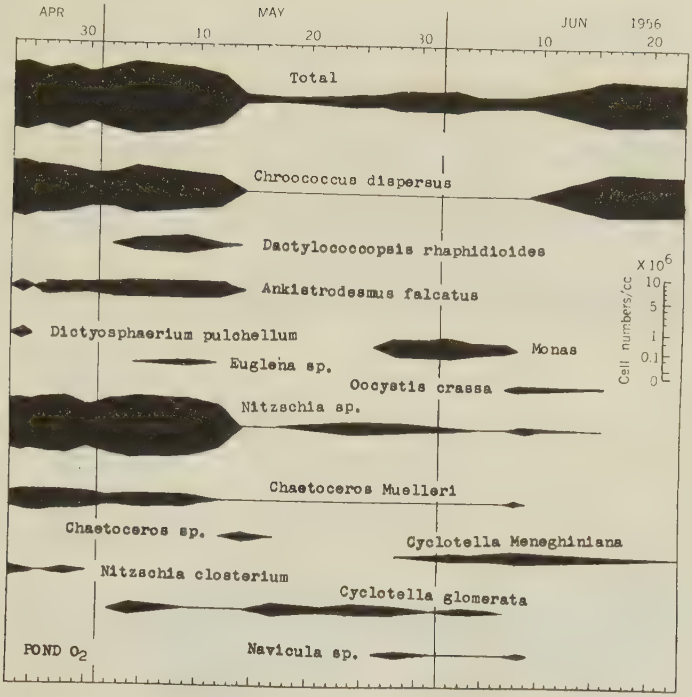


Fig. 3. The daily changes of phytoplankters in pond O_2.
The figures illustrating with "spherical curve method".

なつた。一方，植物性プランクトンは，水変り前には *Chroococcus dispersus*, *Nitzschia* sp. が卓越し，5月上旬には 3.37×10^6 細胞/cc 程度であつたが，17 日には 0.001×10^6 細胞/cc に減少し殆んど消滅した。池水の透明度は 17cm から植物性プランクトンの減少によつて 65cm に落ち，溶存酸素は最低 1.8cc/*l* (30%) に，池水の pH は 9.6 から 7.2 に夫々低下した。NH_4–N, SiO_2, アルカリ度は顕著に増加したが，NO_2–N, NO_3–N, PO_4–P には殆んど変化は見られない。この水変りは植物性プランクトンとして硅藻類の *Nitzschia* sp., *Cyclotella glomerata* のみが少々増殖し，5月24日頃には回復した。

第2次水変り（5月28日～6月7日頃）

5月31日にはウナギの一部は鼻上げをし，6月1～4日には餌付皆無，9日頃から回復した。輪虫類の *K. cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br. plicatilis* の第2次の大増殖が5月28日から始まり，6月4日には最大密度 50.4 個体/cc に達し，その後再び急激に減少し9日には 2.3 個体/cc に減少した。植物性プランクトンは一旦やや増殖したが，6月1日頃から再び減少し，最小 0.118×10^6 細胞/cc（6月2日）に達した。それによつて透明度は 36cm から 55cm に落ち，溶存酸素は最低 1.8cc/*l* (29%), pH は 7.2 に低下した。NH_4–N, アルカリ度は第1次水変り後と大差はない。PO_4–P はやや増加した。この水変りも輪虫類が減少し，植物性プランクトンの *Cyclotella Meneghiniana*, *Chroococcus dispersus* が再び大増殖し，6月8日には餌付もよくなり回復した。

第3次水変り（6月11日～30日頃）

6月11日頃から餌付がやや悪くなり，30日頃まで継続した。輪虫類の *K. cruciformis* var. *eichwaldi* は消滅し，*Br. plicatilis* のみが著しく増殖し，30 日には 14.5 個体/cc

に達した。しかし植物性プランクトンは却つて 16 日には *Chroococcus* が再びやや増殖している。この点他の水変りとやや異つている。透明度は僅かに徐々に大きくなり，最大 44 cm (23 日) に達し，溶存酸素は 1.5 cc/*l* (26%)，池水の pH は 7.4 に夫々低下し，SiO_2 は増加しているが他の水質には著しい変化はない。

従つてこの期間中における O_2 池の 3 回の水変りにおいては，汽水産輪虫類の *Br. plicatilis* 並びに *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* の両方か或いは前者のみの大増殖が見られる点は全く一致し，輪虫類の減少時には水変りは回復し，また輪虫類の大増殖の見られない時期には池は正常で養殖魚の摂餌も好調である。更に輪虫類の個体数密度が大きい時に，水変りの程度もやや大きいといつてよい。

O_1 池 (Figs. 4～6)

この O_1 池は前述の O_2 池と幅 1 m，長さ約 2 m の水路によつて連絡されているので，水変り前のプランクトン相並びに水質も殆んど差異はなく，また水変りの時期，実態もよく一致し，プランクトン動物と水変りとの関係も酷似している。調査期間中に 2 回の水変りが見られ，第 1 次水変りは，4 月 28 日頃から始まり，5 月 14 日頃まで継続し，O_2 池

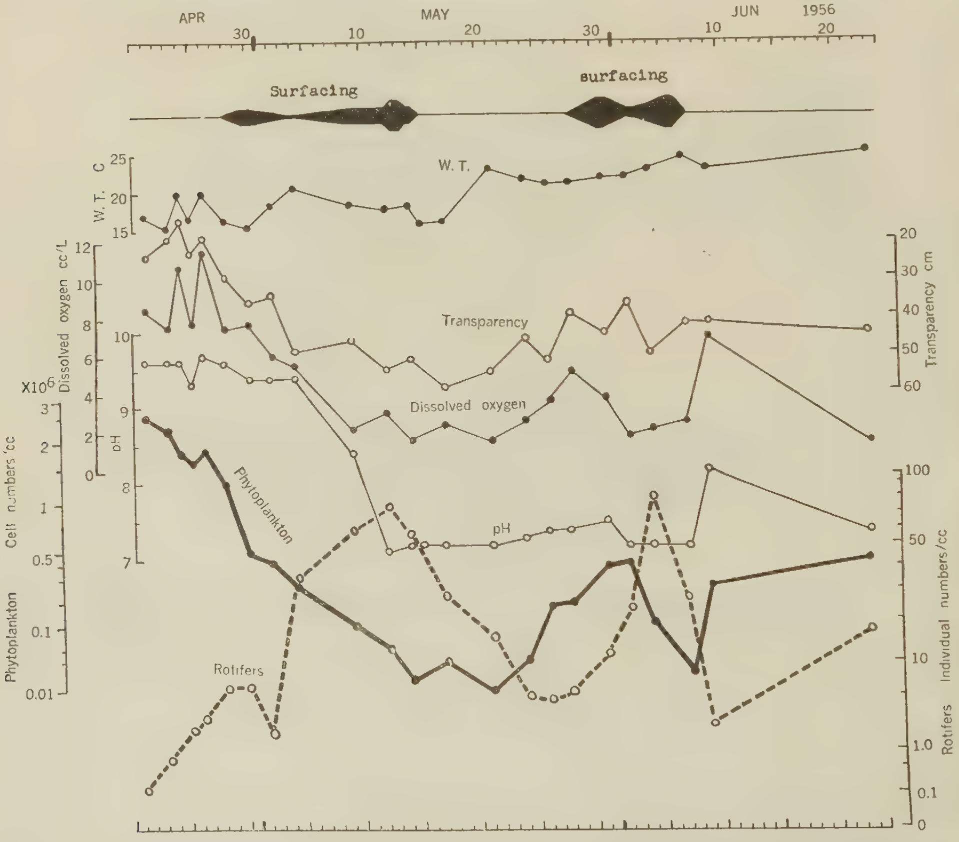


Fig. 4. The figure showing the relation between the daily changes of physico-chemical factors, rotifers, phytoplankton and "Mizukawari" in the pond O_1.
The upper-most figure shows the degree of damage the cultured fishes.

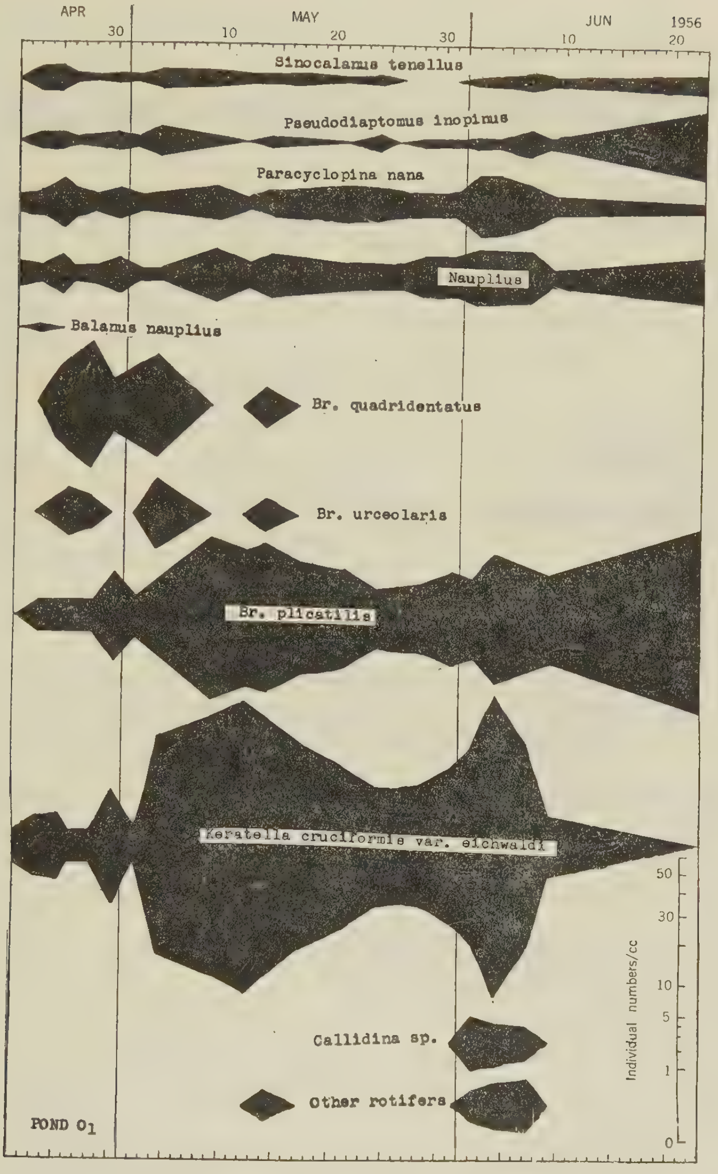


Fig. 5. The daily changes of zooplankters in pond O_1.
The figures illustrating with "spherical curve method".

のそれより約2週間位早い。第2次水変りは5月 28 日頃から6月7日に亘るもので，これは O_2 池のそれと時期を同じくしている。いずれも鼻上げ以下の程度の水変りで，この点も O_2 池の2つの水変りと一致している。またこの2回の水変りには，O_2 池の第1次・第2次の水変りのそれと同様に，汽水産輪虫類の *Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* の大増殖が見られている。しかし O_1 池の水変り時における植物性プランクトンの減少速度並びに水質の変化速度は O_2 池のそれに比べると一般に小さい。これは O_1

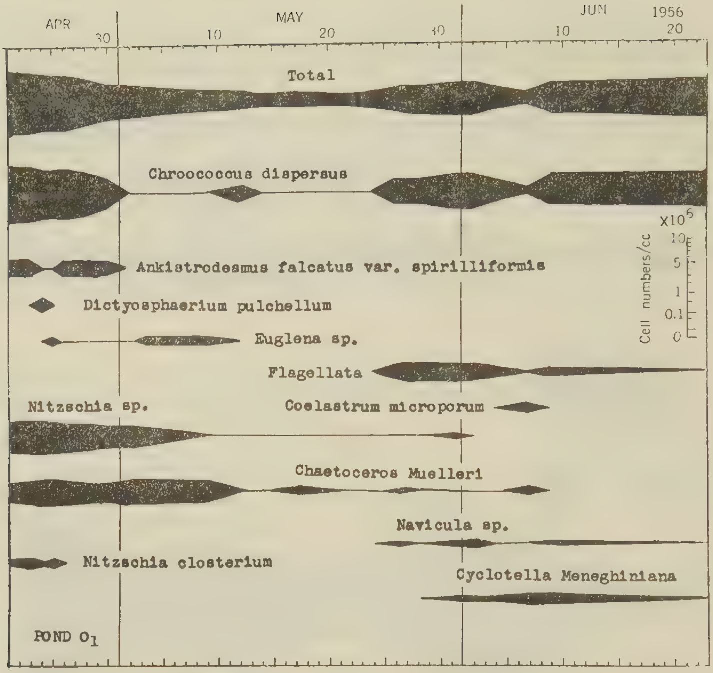


Fig. 6. The daily changes of phytoplankters in pond O_1.
The figures illustrating with "spherical curve method".

池においては小型の *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* が大型の *Br. plicatilis* に比べて著しく卓越し，その活動性と捕食作用の小さいことに起因していると思われる。

K_2 池 (Figs. 7～9)

4月20日から6月下旬の観測期間中に2回の水変りが見られた。

第1次水変り（5月20日～26日頃）

餌付皆無の軽度の水変りである。4月20日から5月12日頃までは藍藻類の *Chroococcus dispersus* を主とし，他に緑藻類の *Scenedesmus tetradesmiformis*, *Ankistrodesmus falcatus* var. *spirilliformis* 等がよく繁殖し，全細胞数 10～15×10^6 cells/cc，水色は深緑色，透明度は 10cm 前後で池は極めて好調で，ウナギの摂餌は旺盛であつた。

5月12日頃から輪虫類の *Brachionus calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. plicatilis* 等が一斉に増殖をはじめ，輪虫類の個体数密度は5月29日には約3個体/cc に達した。しかしこの密度は O_1・O_2 池に比べると大きくない。逆に植物性プランクトンの *Chroococcus dispersus* は徐々に減少し，5月27日にはこの水変り前の約 1/6 に減少した。透明度も徐々に大きくなり，26日には 24cm に達した。水色の変化系別は顕著でなく，深緑色を呈したままであつた。溶存酸素は5月24日に最低 2.3cc/*l* (38%)，pH は最低 7.0 (24日) に低下し，ウナギの餌付は 20 日からやや悪くなり，24日午後から皆無となり，26日にはやや回復している。アルカリ度，その他の栄養塩類にはこの水変り前後に著しい変化はない。

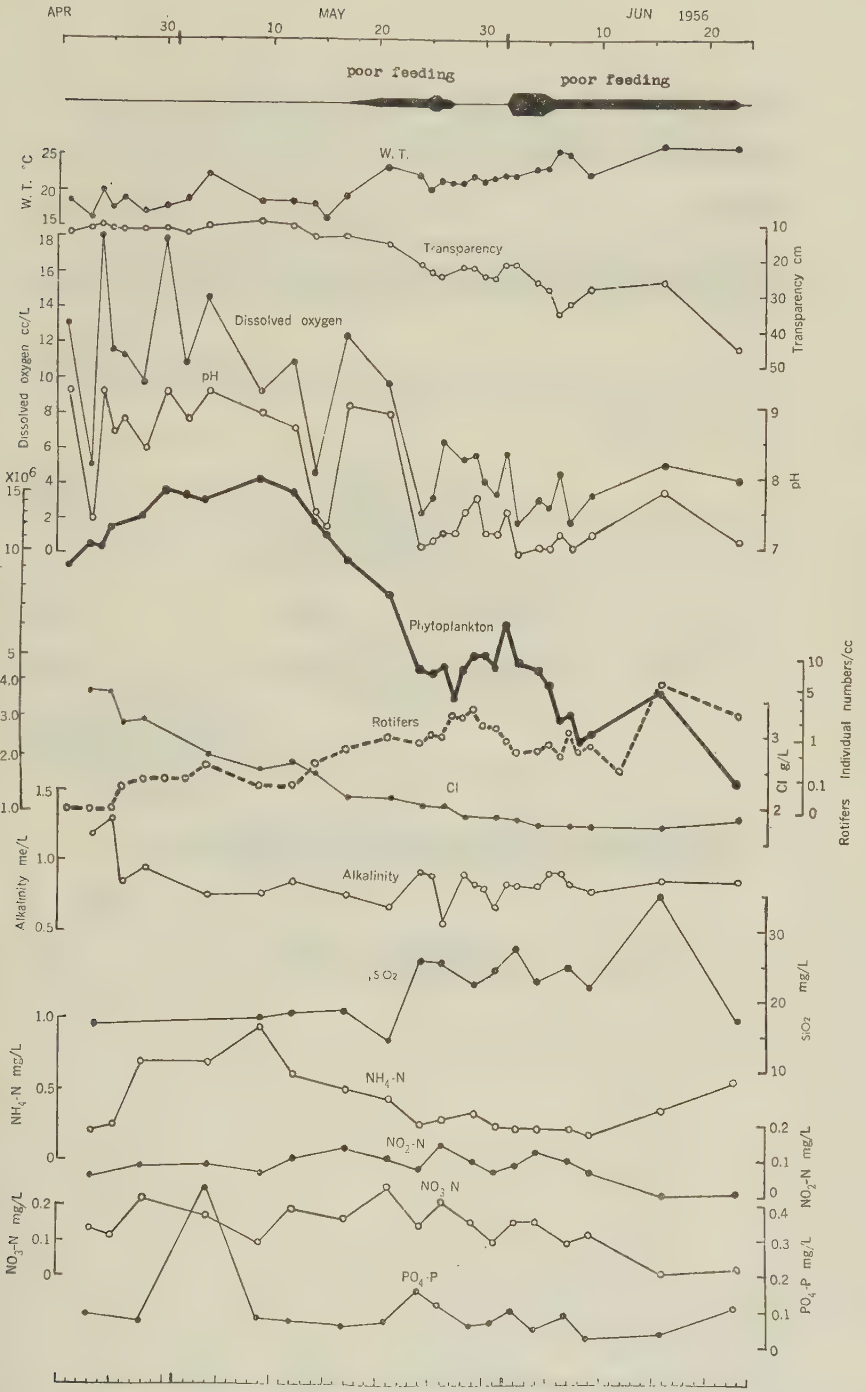


Fig. 7. The figure showing the relation between the daily changes of physico-chemical factors, rotifers, phytoplankton and "Mizukawari" in the pond K_2.
The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

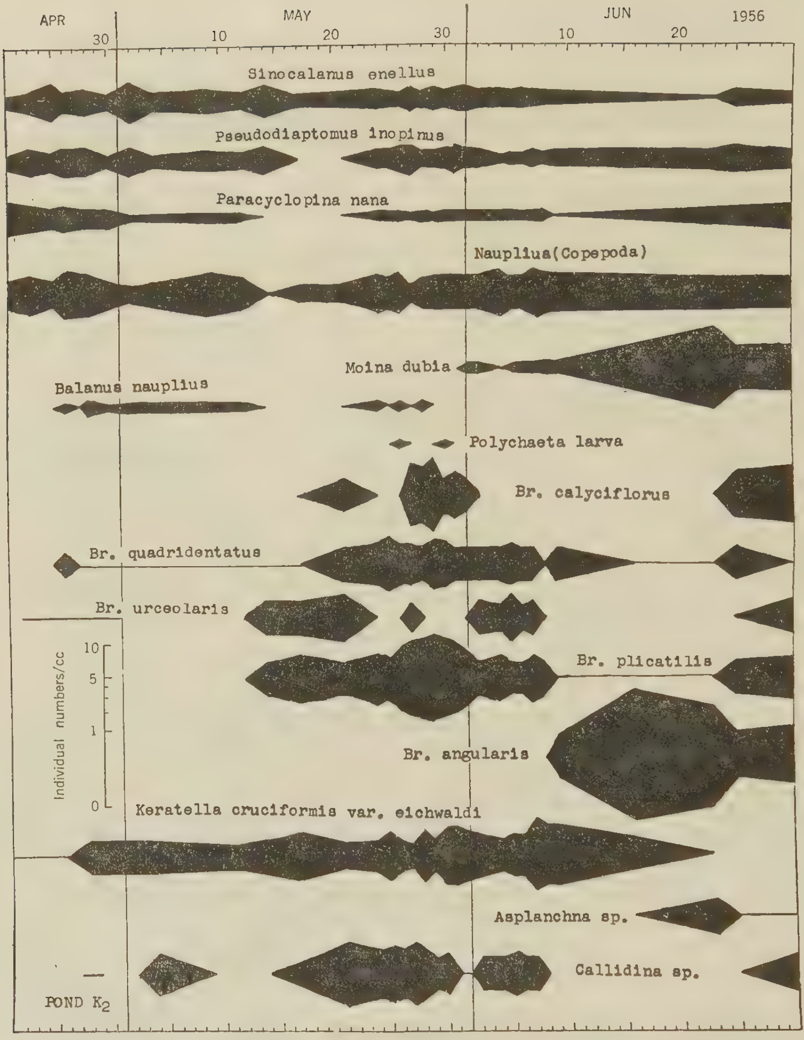


Fig. 8. The daily changes of zooplankters in pond K_2.
The figures illustrating with "spherical curve method".

第2次水変り（6月6日～26日頃）

餌付皆無以下の軽度の水変りである。この水変り時には，第1次水変りに増殖した *Br. calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. plicatilis*, *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* 等の輪虫類は6月7日頃には一旦消滅した。特に *Br. plicatilis* が中断することは他の池にも，また従来知られていない。これらに代つて *Br. angularis*, 枝角類の *Moina dubia* が大増殖をはじめ，後者は6月23日には最大密度 1282 個体/*l* に達した。植物性プランクトンは *Ankistrodesmus falcatus* var. *spirilliformis* が6月9日には消滅し，*Chroococcus dispersus*, *Scenedesmus* は徐々に減少し，全体的に見ると第1次水変りより更に減じ，全細胞数 0.9×10^6 cells/cc となり，第2次水変り前の約 1/7 に減少している。それに伴い透明度は 21cm から 45cm に落ちた。溶存酸素並びに pH は

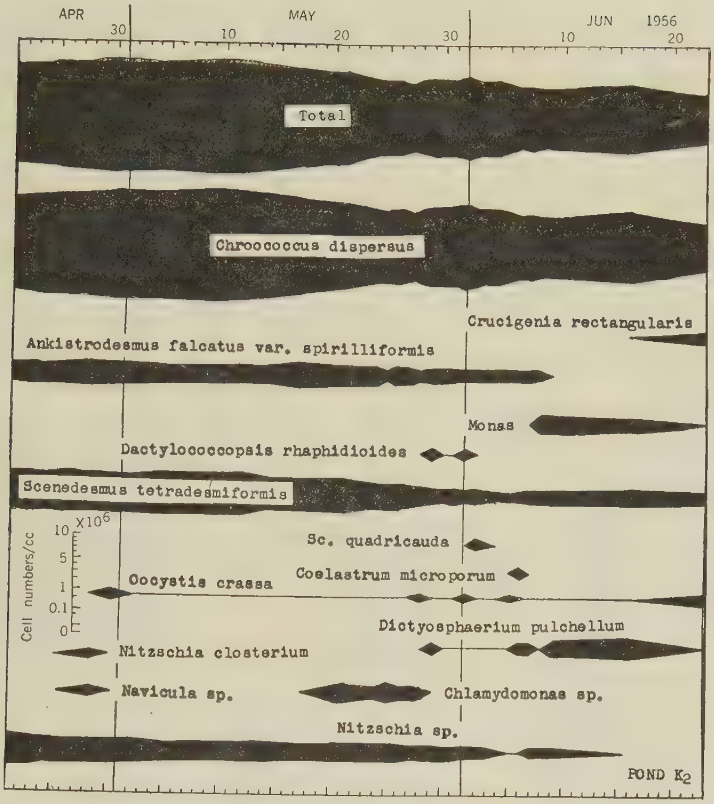


Fig. 9. The daily changes of phytoplankters in pond K_2.
The figures illustrating "spherical curve method".

6月7日に夫々最低 1.8cc/*l* (30%), 7.0 で，その後 23 日までやや上昇している。アルカリ度，栄養塩類にはこの水変り前後に大きい変化はない。しかし SiO_2 は第1次・第2次水変りを通じ増加の傾向が見られる。この水変りは6月30日には回復した。

従つて第1次水変りには輪虫類の増殖が伴い，第2次水変りには却つて大部分の輪虫類は消滅し，枝角類の *Moina dubia* の大増殖が見られている。植物性プランクトンは優占種の *Chroococcus dispersus* がいずれの水変りにも 1/5～1/7 に減少しているが，しかし全く消滅することはない。

M_2 池 (Figs. 10～12)

M_2 池においては観測期間中水変りは全く見られず池は好調であつた。プランクトン動物相は Fig. 11 に明かのように，O_1・O_2・K_2 池のそれと全く同じで，またその出現期も同じであるが，その個体数密度は 49/*l* 以下で極めて小さく，大増殖は見られない。プランクトン植物相も Fig. 12 に示されているように，*Merismopedia punctata* が見られた外は，他の O_1・O_2・K_2 池のプランクトン植物相と殆んど同じく，優占種が *Chroococcus dispersus* の点も全く一致している。*Chroococcus dispersus* が4月下旬から5月上旬に亘り，徐々に減少し，それに伴つて透明度，pH. 溶存酸素も落ち，水色も緑色から黄緑色

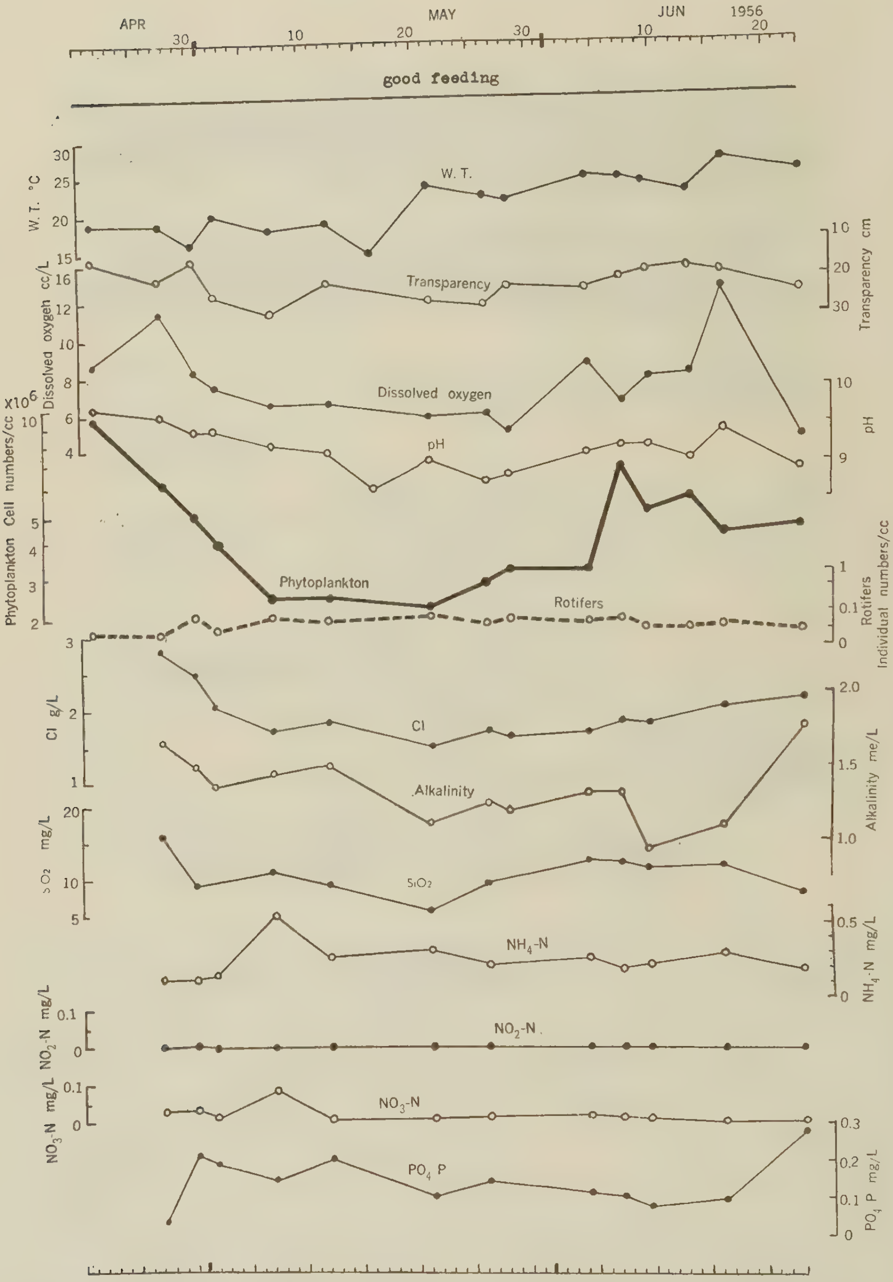


Fig. 10. The figure showing the relation between the daily changes of physico-chemical factors, rotifers, phytoplankton and "Mizukawari" in the pond M_2. The upper-most figure shows the degree of damage of the cultured fishes.

に変つたが，この変化過程においてはウナギの摂餌その他の悪化は全然見られていない。従つてこの池では植物性プランクトンの急激な減少並びに消滅は全く見られない。その他の水質要素にも著しい変化はなく，透明度は 16～30 cm，溶存酸素は 5.1 cc/l (80%) 以上，pH は 8.6 以上，その他のアルカリ度，栄養塩類にも顕著な変化はない。

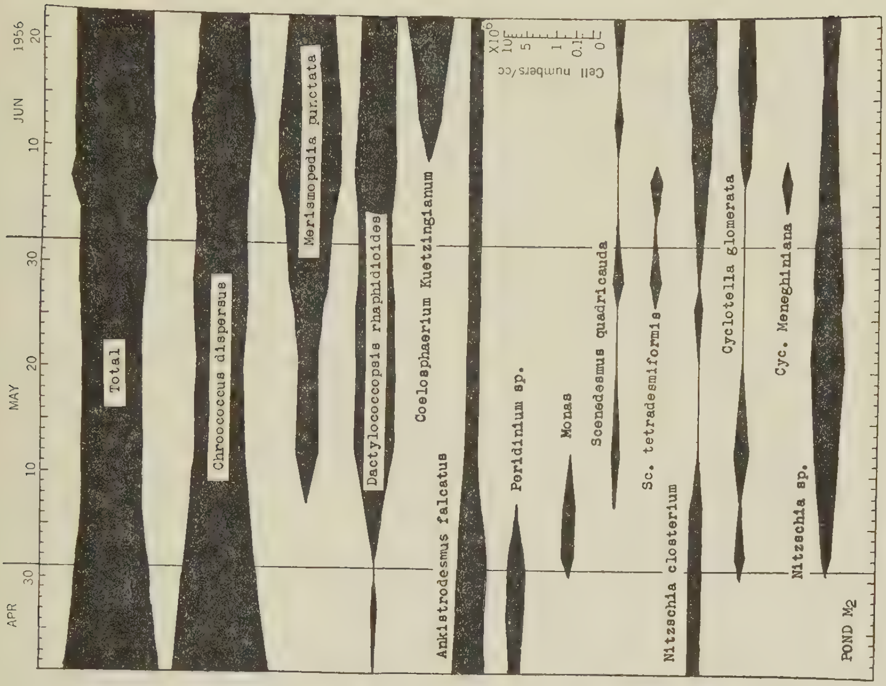


Fig. 12. The daily changes of phytoplankters in pond M_2. The figures illustrating with "spherical cuve method".

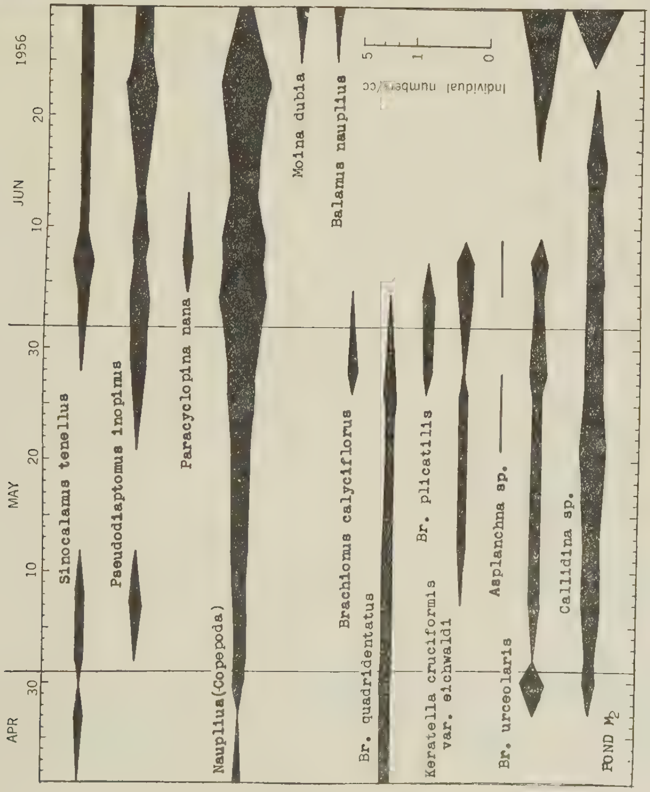


Fig. 11. The daily changes of zooplankters in pond M_2. The figures illustrating with "spherical curve method".

IV. 考　　察

1. プランクトン動物の動きと水変りとの関係

津市北部の4面の養鰻池における前述の観測結果によつて，消費者としてのプランクトン動物の大増殖と水変りとの間には不可分の関係が存在することは明かである。即ちプランクトン動物の大増殖の見られない M_2 池においては，植物性プランクトンが消滅するか，或いは急激に減少することはなく，池水は常に緑色を保ち，透明度も 30cm 以上になることはなく，溶存酸素は 2cc/l 以上，pH は8以上で池は好調で，ウナギ，その他の養殖魚の生活にも異常現象は見られず，所謂“水変り”は見られない。

これに対し O_1・O_2・K_2 の3池においては，4月20日から6月下旬に亘り，各池に2回以上の水変りが見られた。その中，K_2 池の第2次水変りには枝角類の *Moina dubia* の大増殖が見られた外は，すべて輪虫類の大増殖が見られている。それとは逆に植物性プランクトンは急激に減少するか，O_1・O_2 池では全く消滅し，透明度，溶存酸素，pH 等も落ち，養殖魚は異状を呈している。大増殖をする輪虫類は汽水産の *Brachionus plicatilis*, *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* であり，淡水産の *Br. calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. angularis* も挙げられる。また輪虫類の大増殖を伴つた水変りにおいては，輪虫類の増殖量と増殖速度の大きい程，水変りの速度も大きく，水変りの程度も大きいと一般的にいえよう。従つて O_1・O_2・K_2 池の水変りは Brachionidae の輪虫類並びに *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi*, 枝角類の *Moina dubia* が原因であることが，実験的研究（伊藤，1955 a, b; 伊藤・岩井，1957; 伊藤・岩井，1958）の結果から考えられる。橈脚類としては *Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Paracyclopina nana*, 並びに nauplius 等が4面のどの池にも見られた。これらの汽水産橈脚類の個体数密度は大きいものではなく，枝角類，輪虫類のように大増殖することはないのみでなく，輪虫類の大増殖した水変りの盛期から末期にかけて減少する傾向がある。これは水変りの異常水質，特に酸素欠乏等によつて斃死するものと思われる。この異常水質に対する抵抗性は，*Sinocalanus*, *Pseudodiaptomus*, *Paracyclopina* の順に強くなり，*Paracyclopina nana* は水変り時の異常水質に *Br. plicatilis* の大集団と共存する場合がある。従つてこれらの橈脚類は水変りの原因になることはなく，却つて水変りの被害者の1つであるといえよう。またこれらの橈脚類は水変りの回復時に再び出現増殖するもので，特に *Sinocalanus*, *Pseudodiaptomus* は水変りの回復性，並びに池の正常性の指標動物であることは既に注意した。（伊藤，1957; 伊藤・岩井，1958）

2. プランクトン動物相互の消長関係

1) 輪虫類間の消長関係

O_1・O_2 池における4種の輪虫類，*Brachionus quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. plicatilis*, *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* の消長関係は Figs. 2, 5, に明かのように，その傾向は2つに分けられる。第1群は *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris* の淡水産輪虫類で，第2群は *Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* である。両群はほぼ同じ時期から出現しているが，増殖傾向は全く逆であり，1群の増殖時には2群の増殖はおさえられる。この振動を 2〜3 回繰返して後，第2群は完全に第1群を圧倒し，5月中旬以降は全く第2群によつて占められる。しかし，第2群中の *K. cruciformis* var.

eichwaldi もやがて *Br. plicatilis* に打負かされ，6月下旬から *Br. plicatilis* の一人舞台となる。同一の食物に対する輪虫類相互間の生存競争の順位は，*Br. plicatilis* > *K. cruciformis* var. *eichwaldi* > *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. angularis*, *Br. calyciflorus* の順であると考えられる。一般には汽水性養鰻池においては汽水産輪虫類の生活力，増殖力が大きいといえよう。

次に特筆すべきことは，K_2 池においては *Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* が O_1・O_2 池の場合と異り，餌料としての植物性プランクトンははるかに多いのにも拘わらず大増殖を示さず，最大密度 1490 個体/*l* 以下である。この原因としては本年度は掘抜井戸を作り多量の地下水を注入し，そのため塩分が小さく (Cl 2.5～1.8‰) なり，pH が低いことに依存するように思われる。養鰻池の輪虫類の増殖に対する塩分，pH，他の輪虫類の影響については実験個体群によつて今後明かにさるべき興味深い問題であろう。

2) 輪虫類と枝角類との消長関係

K_2 池においては，Fig. 8 に明かのように，第2次水変り前に，*Br. calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* 等の輪虫類は，6月上旬から出現増殖した *Moina dubia* とは全く逆に池水中から消滅した。特に汽水産輪虫類の *Br. plicatilis* がこのように中断することはかつて見られないことである。また6月23日に最大密度に達した *Moina dubia* が減少するにつれて再び上述の輪虫類は出現している。従つて *Br. plicatilis* 等の輪虫類の消滅は *Moina dubia* の大増殖に圧倒されたのではないかと思われる。

要するに，養鰻池の水変りと関連し，輪虫類の異常増殖についてはプランクトン動物相互間の生物学的相互作用も考慮に値する問題であろうと思われる。

V. 摘　　要

1) 養鰻池におけるプランクトン動物の動きと水変りとの関係を明かにするために，津市北部の4面の養鰻池で，昭和31年4月20日から6月末までに詳細な観測を行つた。

2) O_2 池では3回の水変りが見られ，各水変りには汽水産輪虫類，*Brachionus plicatilis*, *Keratella cruciformis* var. *eichwaldi* の大増殖が確認された(Figs. 1～3)。

3) O_1 池では2回の水変りが観測され，O_2 池と同様に，*Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* の大増殖が見られた(Figs. 4～6)。

4) K_2 池では2回の水変りがおこり，第1次水変りには，5種の輪虫類，*Br. calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. plicatilis*, *K. cruciformis* var. *eichwaldi* がやや増殖し，第2次水変りには枝角類，*Moina dubia* が大増殖 (1.3 個体/cc) し，輪虫類は *Br. angularis* のみが著しく増加した(Figs. 7～9)。

5) M_2 池においては水変りは全く観測されず，輪虫類の大増殖，植物性プランクトンの消滅も全く見られない (Figs. 10～12)。

6) 従つて津市北部の養鰻池の水変りには，主として輪虫類，並びに枝角類の大増殖が伴い，両者の大増殖のない池には水変りは観測されない。特に輪虫類の異常増殖と水変りとの間には不可分の関係がある。

7) これらの水変りは，主として輪虫類，特に *K. cruciformis* var. *eichwaldi*, *Br.*

plicatilis, 並びに枝角類, *Moina dubia* の大増殖とその植物性ナンノプランクトンの捕食作用に原因すると考えられる(伊藤, 1955 a, b; 伊藤・岩井, 1956)。

文 献

伊藤 隆 (1955 a). 養鰻池の水変りに関する研究 (I). Brachionus plicatilis によるプランクトン植物の捕食作用. Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, Vol. 2, No. 1, p. 162〜167.

——— (1955 b). ——————— (II). Brachionus plicatilis による水変りにおける pH・O_2 の変化. Ibid. Vol. 2, No. 1, p. 168〜177.

伊藤 隆・岩井寿夫 (1956). ——————— (IV). 水変り池における Brachionus plicatilis の垂直分布. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 325〜334.

———・——— (1956). ——————— (V). Brachionus plicatilis による"水変り"過程における水質の変化. Ibid. Vol. 2, No. 2, p. 335〜346.

伊藤 隆 (1957). ——————— (VI). Brachionus plicatilis の増殖とプランクトン植物量との関係. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 502〜508.

伊藤 隆・岩井寿夫 (1957). ——————— (VII). Brachionus plicatilis の捕食作用とプランクトン植物の大きさ. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 509〜516.

伊藤 隆 (1957). 伊勢湾西岸養鰻池の塩分とプランクトン動物相. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 473〜501.

伊藤 隆・岩井寿夫 (1958). ——————— (VIII). 津市江戸橋地区の6面の養鰻池における昭和30年中の水変り. Ibid. Vol. 2, No. 4, p. 122〜158.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

養鰻池の水変りに関する研究

XIII. 養鰻池における施肥の効果と水変り

伊　藤　　隆・岩　井　寿　夫
(三重県立大学水産学部陸水学教室)

Studies on the "Mizukawari" in Eel-culture Ponds

XIII. Artificial Fertilization of a Brackish-Water Fish Pond

(*With Figs. 1-4, Tables 1-2*)

TAKASHI ITO and TOSHIO IWAI
Limnological Laboratory, Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie

Résumé

One of the brackish-water ponds for eel-culture (area 80 a, depth 1 m, volume 7900 m^3, chlorinity of the water 2.0～3.5‰, alkalinity 0.81 me/l) was manured with agricultural fertilizers, urea, and superphosphate of lime, and the following results were obtained.

1) Before the practical fertilization, a physiological analysis with the pond water was made in the laboratory, and the results showed that the independent use of either N, P, or Ca was far less effective than the use of the mixture of N and P with the growth of phytoplankton (Table 2.).

2) On April 28, 1956, at this eel-culture pond, there the water fertilization with 219 kg of urea and 113 kg of superphosphate of lime was done. With the quantity of the fertilizer then put in, it was as follows : N: P = 12.7 ppm : 1.3 ppm = 10 : 1.

3) After the fertilization, the PO_4-P in the water reached the maximum (0.58 mg/l) in 2 days, the maximum of the NH_4-N (3.08 mg/l) was attained in 6 days; both of them showed a sudden decrease afterwards. Both NO_3-N and NO_2-N remarkably increased in 4～6 days after and were retained for about one month.

4) The micron-algae, a dominant species of the phytoplankton, started increasing in 7～9 days after the fertilization, showed a sudden increase in 10～14 days, and reached 11.08×10^6 cells/cc, about 490 times as dense as that before the fertilization, at the beginning of August. And the transparency of the pond water, accordingly, reached 20 cm.

5) The effect of the fertilization upon the population of zooplankton had been scarcely observed for the first three months.

6) The feeding activity of the cultured eels showed an upward tendency in 7～9 days after the fertilization and became remarkably strong in three weeks and after. It may have been due to the growth of phytoplankton by the fertilization.

7) In the middle of August, there occurred a severe "Mizukawari" in that pond, when about 113 kg of eels and about 1125 kg of mullets were killed. At that "Mizukawari", the great reproduction of *Brachionus plicatilis* of brackish-water rotifer was observed. The very "Mizukawari" may possibly have been caused by the speed and quantity of the growth of *Br. plicatilis* which grazed on micron-algae

as natural food, which had been greatly increased by the fertilization.

8) Thus the effect of fertilization in the brackish-water pond for eel-culture is to be evidently acknowledged. But a random fertilization, on the contrary, will be the dangerous cause of a severe "Mizukawari". A close attention to this point, therefore, should be paid in the case of practical fertilization.

I. 緒 論

養鰻池における生産力増強の根本問題は先ず"水を作る"ことである。換言すると，生産者としての植物性プランクトンを如何に増殖させ，且つそれを継続させるかにかかつている。ここに施肥並に消費者としてのプランクトン動物，特に輪虫類，枝角類，纖毛虫類の異常増殖の抑制の問題が登場する。従来は池水のN・P等の栄養塩類の欠乏によつて植物性プランクトンが急激に枯死するのが，"水変り"の一因と考えられ，水変りの予防並に回復対策としては，植物性プランクトンの増殖を目的とした施肥に集中されて来た。しかしこれらの施肥試験には顕著な効果は認められていないのみでなく，施肥前後における水質・プランクトン相の変化の追跡が充分でなく，従つて効果の判定資料に乏しい。また従来は消費者としてのプランクトン動物の捕食作用による植物性プランクトンの減耗，特に輪虫類，枝角類等の大増殖と植物性 nannoplankton の捕食作用が水変りの有力因になることは全く注意されていない。施肥の効果が従来見るべきもののないのはこれらの点が看過されたためと思われる。更に施肥により餌料としてのプランクトン植物量が増大すればする程，輪虫類の増殖速度と増殖量は大きくなり，そのため水変りの速度と変化量も大きくなり，その結果水変りの程度も大きくなる可能性は，伊藤（1957，第6報）の結果から見て明かである。この施肥と水変りとの関係についても従来全く報告はない。

筆者等は津市の1養鰻池において施肥試験を行い，施肥前後の水質・プランクトン・養魚成績を長期に亘り観測し，顕著な施肥の効果を見出すと共に，施肥と水変りとの関係についても興味深い結果を得たので，ここにその結果を報告する。

本試験と観測を許可され，且つ種々の便宜と有益な助言を与えられた池の所有者黒宮正郎氏に感謝し，また本研究に対し種々の助言と激励を与えられた本学水産学部長岡田弥一郎教授，並に野外観測の一部に協力された本学増殖学科学生 河合英男・新二郎両君に謝意を表します。本研究の大要は日本水産学会（昭 32．4 月，東京）において発表した。

II. 池 の 概 況

施肥試験は津市島崎町 黒宮養魚場第7号養鰻池（仮に M_7 池と呼ぶ）で行つた。志登茂川下流南岸にある面積約 80 アール（2400 坪），水深平均 1m，水量約 7900 m^3，池水の塩素含有量 2～3.5‰，α-中鹹性汽水に属する養鰻池であり，源水は横を流れる水路の天然水により，地下水は全く注入していない。しかし稍々高鹹な滲透水が池底から見られるようである。この池は昭和 28 年 9 月の 13 号台風により堤防が決潰し海水が侵入し，それ以来昭和 29～30 両年度は植物性プランクトンの増殖が悪く，池水は澄み，且つ安定性がなく，養魚成績は殆んど皆無に近い状態であつた。昭和 30 年 6 月上旬におけるこの池の水質，プランクトンの生産の 2 回の調査結果は，Table 1 に示した。

池の所有者 黒宮氏から昭和 31 年 4 月上旬にその対策が持ち込まれ，施肥を試みることになつた。実際の施肥に先立ち，M_7 池の池水について簡単な生理分析を行い，好成績

Table 1. The physico-chemical factors, zooplankton and phytoplankton of the unfertilized pond M_7 in 1955.

Physico-chemical factors

Date (1955)		June 2	June 3
Time	h. m.	13.45	14.05
Weather		cloudy	fine
A. T.	°C	22.0	24.3
W. T.	°C	22.8	23.5
Trans.	cm	90	77
Water colour		brownish green	yellowish green
pH		8.3	8.5
Dissolved oxygen	cc/l	7.4	7.8
	%	122	137
Alkalinity	milliequiv./l	0.86	—
Cons. $KMnO_4$	mg/l	39.4	—
Cl	g/l	3.63	—

Zooplankton (June 2, 1955)

Species	Individual numbers/l
Copepoda	
Sinocalanus tenellus	16.2
Pseudodiaptomus inopinus	0.6
Nauplius (*Sinocalanus*)	4.8
Rotifera	
Brachionus urceolaris	3.0
Br. quadridentatus	1.8
Br. plicatilis	0.6

Phytoplankton

Species	June 2	June 3
Dinoflagellata		
Peridinium sp.	cc	ccc*)
Chlorophyceae		
Scenedesmus quadricauda	rr	rr
Diatomaceae		
Nitzschia closterium	rr	rr
Cyclotella Meneghiniana	rr	rr
Navicula sp.	rr	rr
Amphora sp.	rrr	—
Nitzschia sp.	—	rrr

*) 3×10^3 cells/cc

を収めたのでこの室内実験の結果に基き，M_7 池の施肥を行い，施肥前後における水質・プランクトン・ウナギの摂餌量の変化を 12 月中旬まで追跡した。観測は表面水について午前10時から12時の間に行つた。観測事項並に方法は第 12 報（伊藤・岩井，1958）と同じである。

III. 研 究 結 果

1. 実験室における予備実験

M_7 池の養魚成績不振は植物性プランクトンの繁殖の悪いことに起因することは明かであり，その植物性プランクトンの増殖しない原因としては，池水中の栄養塩類の欠乏，池水中に増殖すべき適当なプランクトン植物を欠く，プランクトン植物の増殖に有害な水質である等が考えられたので，実験室において簡単な次のような生理分析を行い，その原因を検討すると共に，M_7 池の実際の施肥に当つては対照をおくことが困難であるので，施肥の効果の判定に資することにした。

A. 実験方法

植物性プランクトンの繁殖の悪い M_7 池と，よく増殖し，M_7 池に隣接した M_5 池の緑色池水の両方を実験室に持参し，Table 2 に示すような予備実験を行つた。第1群は M_7 池水に栄養塩類を加え，第2群は M_7 池水に M_5 池の緑色池水を約1割加えた後，栄養塩類を加え，第3群は M_5 池水に栄養塩を加えたものである。M_5 池並に M_7 池の植物性プランクトンの優占種は共に藍藻類の *Chroococcus dispersus* であつた。しかし量的には著しく異り，細胞数は夫々 6.385×10^6 細胞/cc，0.175×10^6 細胞/cc で，M_5 池は M_7 池の約 37 倍である。栄養塩類は窒素源として KNO_3 を，N として 28 ppm になるように，P 源としてはKH_2PO_4 を P として 1.8 ppm になるように加えた。N と P の比は 16: 1 である。また，消石灰を $Ca(OH)_2$ として夫々 10 ppm，20 ppm になるように加えたものもある。いずれも 200 cc 容量の三角フラスコに池水 100 cc を入れ，実験室の南側の窓側におき，植物性プランクトンの増殖を血球計算盤を用い，細胞数として算出し **Table 2** に掲げた。

Table 2. The experimental analysis for the growth of phytoplankton of pond M_7. Dominant phytoplankter of ponds M_7 and M_5: *Chroococcus dispersus* (Cyanophyceae);
N: KNO_3 (28 mg-N/l); P: KH_2PO_4 (1.8 mg-P/l); Ca: $Ca(OH)_2$ (* 10 mg/l, ** 20 mg/l); W. T. 12～18°C.

Pond water	Treatment	Culture days			
		0		7	13
		pH	cell numbers/cc	cell nos./cc	cell nos./cc
M_7	+ N	7.4	0.175×10^6	0.063×10^6	0.078×10^6
	+ P	7.2	〃	0.031	tr.
	+ N + P	7.2	〃	0.266	2.531
	+ Ca*	8.9	〃	0.047	1.469
	+ Ca**	9.4	〃	tr.	0.532
	control	7.4	〃	0.031	0.078
M_7	+ M_5	8.0	0.874×10^6	1.829×10^6	2.344×10^6
	+ M_5 + N	7.9	〃	1.078	3.626
	+ M_5 + P	7.7	〃	1.235	6.172
	+ M_5 + N + P	7.6	〃	4.922	16.720
	+ M_5 + Ca*	9.0	〃	1.562	5.140
	+ M_5 + Ca**	9.4	〃	0.985	4.140
	+ M_5 + Ca* + N	9.0	〃	2.000	4.516
	+ M_5 + Ca* + P	8.9	〃	1.406	8.484
	+ M_5 + Ca* + N + P	8.9	〃	0.406	0.704
M_5	+ N	—	6.385×10^6	7.719×10^6	19.320×10^6
	+ P	—	〃	—	26.000
	+ N + P	—	〃	18.718	39.940

B. 実験結果

Table 2 に明かのように，全体的に見ると，消石灰，N，P の夫々の単独の効果は著し

くない。植物性プランクトンの顕著な増殖は N と P の両方を加えたものに見られ，消石灰を加えた直後に N と P の両方を加えたものでは著しい効果は見られない。特に M_5 池の植物性プランクトンを移植したものに対する N と P の混合施肥は顕著であつた。従つて M_7 池に植物性プランクトンの増殖の悪いのは N, P の栄養塩類の欠乏が原因であり，N と P の両方で施肥し，且つ M_5 池の緑色池水を一部注入すれば，植物性プランクトンの増殖の可能性が明かになつた。

2. 養鰻池における施肥試験

前述の室内実験の結果に基き，M_5 池の緑色池水を M_7 池に約1割程度注入し，且つ N, P を以て施肥する計画を立てた。しかし当時 M_5 池においてはワタカムリ病が漫延しており，注水によつて M_7 池のウナギえの伝染の恐れがあつたので，注水を取止めた。また M_7 池にも M_5 池に優占的である藍藻類の *Chroococcus dispersus* が量的には少いが同様に存在し，優占種であり，室内実験の結果でも増殖の可能性が認められたので，施肥のみを行うことにした。施肥は昭和 31 年 4 月 28 日午後（曇）に行つた。

A. 肥料の種類，施肥量，施肥方法

使用した肥料並に施肥量は次の通りである。

尿素（住友 46.0；N 46.0%，正味重量 16.875 kg, 昭和 31 年 3 月製）. 施肥量 219.4 kg (13 袋)。

過燐酸石灰（日産化学，可溶性燐酸 20.5%，水溶性燐酸 19.5%，正味重量 28.175 kg, 昭和 31 年 3 月製）. 施肥量 112.7 kg（4 袋)。

M_7 池の面積は約 80 アール (2400 坪)，水深（平均 1 m)。従つて全水量は約 7900 m^3 となるので，前述の施肥量は，尿素は N として約 12.7 ppm，過燐酸石灰は可溶性 P として約 1.3 ppm で，N と P の比は 9.7 : 1 となる*)。施肥方法としては水施肥法をとり，小舟に池水を入れ，それに尿素，過燐酸石灰を別々に溶して，長柄のひしやくで池全面に亘り撒布した。肥料代として約 1 万 2 千円，撒布には 2 人で約 4 時間を要した。

B. 施 肥 結 果

施肥効果を明かにするために，施肥前並に施肥後における水質・植物性プランクトン・動物性プランクトン・養魚成績の変化を，約 1 ケ月後までは 2〜3 日間隔に，その後 12 月中旬までは 1 週間おきに調査した。養魚成績は池の所有者黒宮氏に負うところが多い。観測結果は Figs. 1〜4 に示した。

1) 水　質 (Figs. 1〜2)

M_7 池の池水の塩素含有量は 2〜3‰ 程度で，α-中鹹性汽水に属する。アルカリ度は施肥直前には 0.81 milliequiv./l であつた。尿素，過燐酸石灰の施肥によつて池水中の N, P の含有量は急激に増加した。両者の動きは稍々異つている。PO_4-P は施肥後急激に増加し，2 日後には最大 0.58 mg/l に達し，施肥前 (0.04 mg/l) の約 15 倍になつた。この量は施肥量の約 1/2 に相当する。その後急激に減少し，9〜11 日後には施肥前の状態に返つた。従つて PO_4-P は施肥後 9〜10 日後には殆んど消失することが分る。5 月下旬から再び徐々に増加し，6 月 4 日には 0.23 mg/l，6 月 30 日には 0.55 mg/l，8 月 4 日には最

---

*) この施肥量は池の面積に対しては，尿素は坪あたり約 91 g，過燐酸石灰は坪あたり約 47 g となる。

大 1.56 mg/*l* と夫々1つの峯となり，特に8月4日のそれは施肥直後の最大の約3倍に達している。これは底泥に吸着されていたもの，投餌量の増加に伴い残餌，ウナギの排泄物から水中に回帰したものと考えられる。

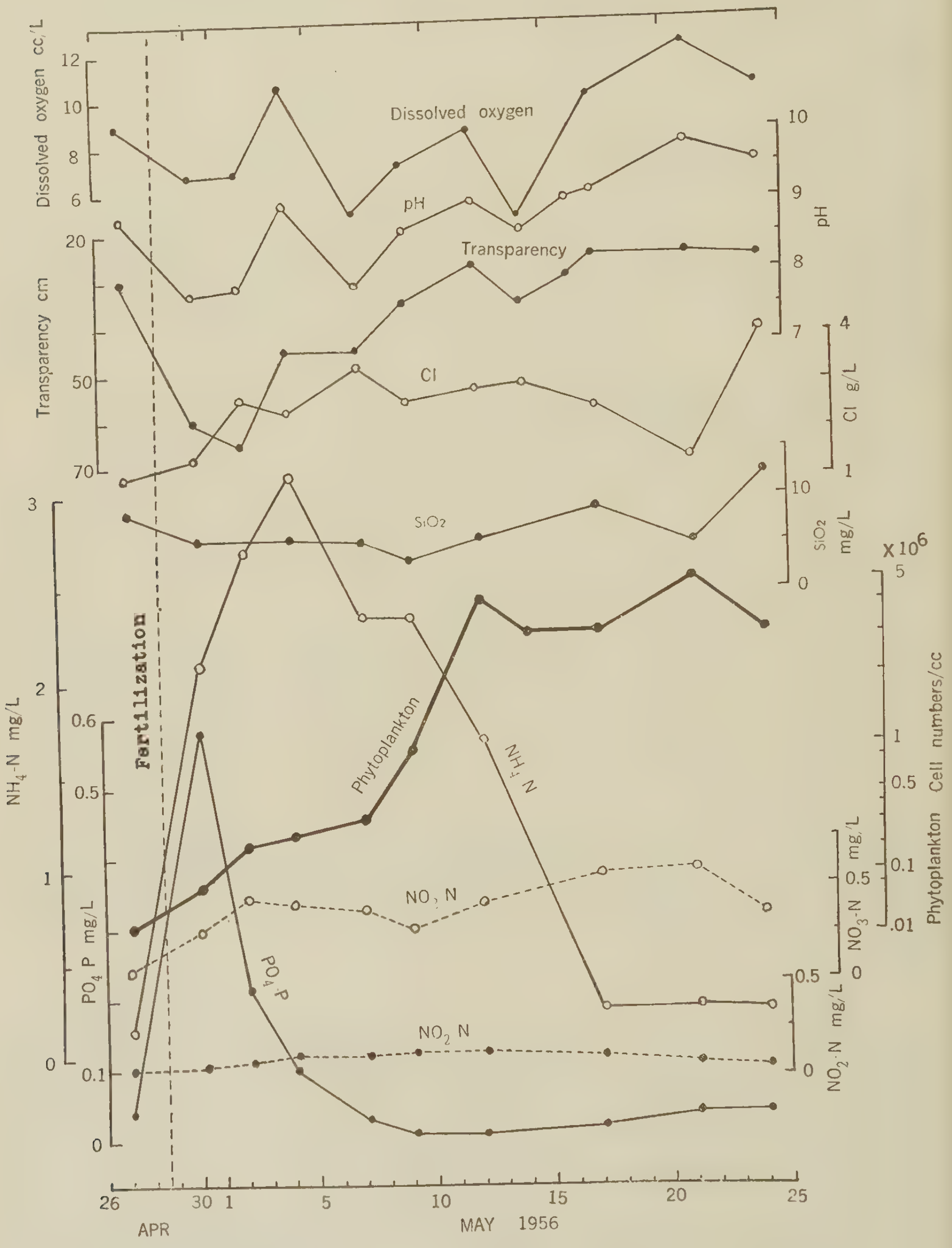


Fig. 1. The daily changes of physico-chemical factors after the fertilization. The fish pond (area 80 a, depth ca 1m, volume 7900 m³ chlorinity of the water 2～3‰) was fertilized with 219kg of urea and 113 kg of superphosphate of lime on April 28, 1956.

無機窒素化合物は，施肥後 NH_4–N が急激に増加し，6 日後に最大 3.08 mg/l に達し，施肥前の 20.6 倍に増加した。この量は施肥量の約 1/4 に相当する。その後急激に減少し 19 日後には略々施肥前の状態に返つた。その状態が 7 月下旬までつづき．7 月下旬～8 月上旬には 1.15～1.82 mg/l となり顕著に増加した。NO_3–N，NO_2–N も施肥後顕著に増加し，前者は 4 日後には 0.46 mg/l に達し，この状態が約 1 ヶ月継続し，5 月下旬から顕著

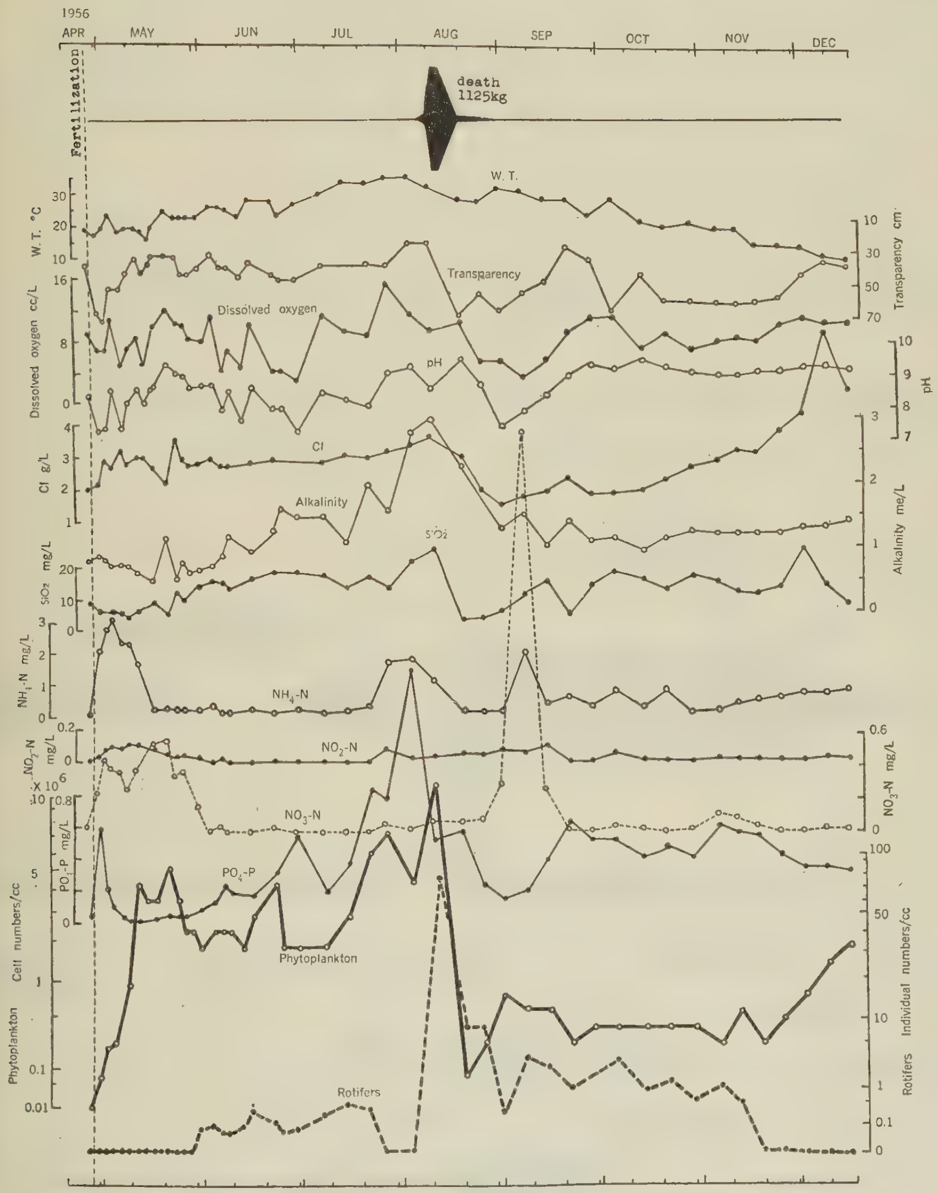


Fig. 2. The seasonal changes of physico-chemical factors in the fertilized fish pond. The upper-most figure indicates the degree of damage of the cultured fishes.

に減少し，6月5日には施肥前の状態になり，その後8月下旬まで極めて少量であつた。NO_2-N も施肥前は殆んど検出出来なかつたが，6日後には 0.10 mg/l に増加し，その状態が長く継続したが，6月上旬には施肥前の状態に減少し，それが長期に亘り続いた。

アルカリ度は施肥直後1ケ月位は稍々低下の傾向があるが，6月上旬から養殖季節の進行に従つて徐々に増加し，8月10日には最大 3.05 milliequiv./l に達した。SiO_2 も施肥後徐々に増加し，8月10日には最大 25.0 mg/l に達した。池水の塩素量は8月10日～20日の水変りまでは 2.7～3.6‰ 程度で全体的には著しい変化はない。

池水の pH，溶存酸素量，透明度は施肥後 2～4 日にはいづれも一時的に落ちたが，6日後から植物性プランクトンの増加につれて回復に向い，5月下旬には pH は 9.5～9.8，溶存酸素は 10～12 cc/l (166～179%)，透明度は 25～26 cm となつた。

2)　植物性プランクトン　(Fig. 3)

施肥前の M_7 池のプランクトン植物相は極めて単調であり，藍藻類の *Chroococcus dispersus* が優占種で，その他に *Synechococcus* sp.，緑藻類の *Trachelomonas volvocina*，硅藻類の *Cyclotella glomerata* 等から成り，量的には *Chroococcus* は 0.015×10^6 細胞/cc. 総細胞数は 0.025×10^6 細胞/cc で正常な M_5 池 (6.385×10^6 細胞/cc) に比べて著しく少い。

施肥後藍藻類の *Rhabdoderma linears* が一時的に増加したが，優占種の *Chroococcus dispersus* は7日後頃から急激に増殖し，15 日後には 4.258×10^6 細胞/cc となり，施肥前の約 280 倍となり，その上，*Synechococcus* sp.，*Kirchneriella lunaris*，*Scenedesmus*

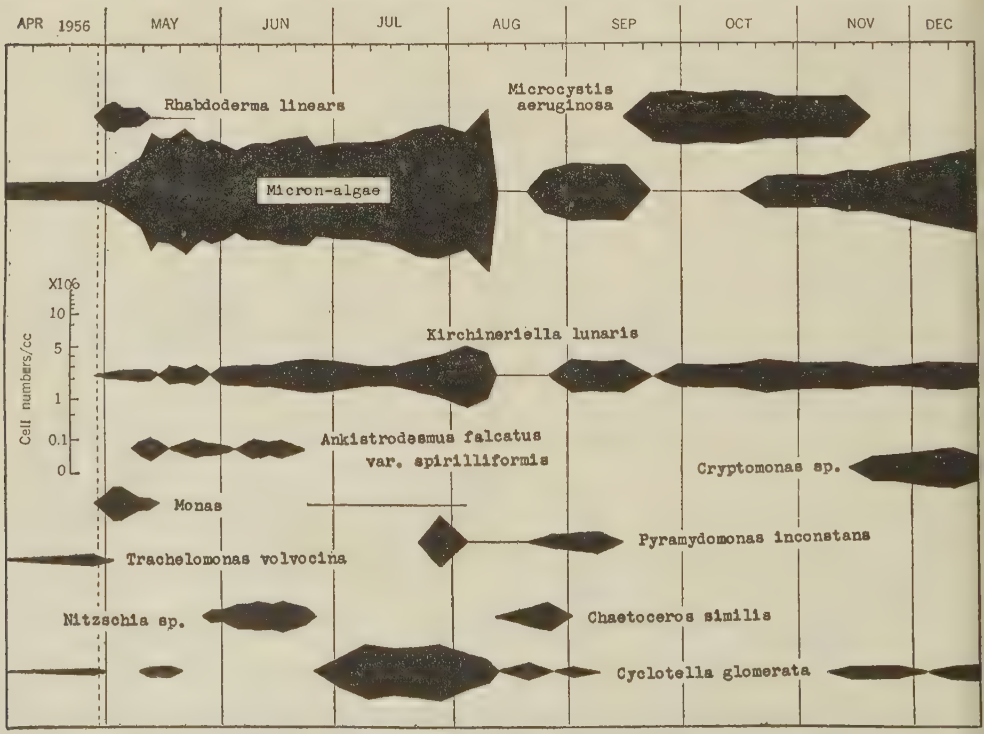


Fig. 3.　The seasonal changes of phytoplankters in the fertilized fish pond. The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.

quadricauda, *Ankistrodesmus falcatus* 等が出現し種類相も豊富になつた。 8月10日の水変り前には *Chroococcus*, *Synechococcus* 等の所謂 micron-algae は最大密度 10.825 $\times 10^6$ 細胞/cc に達し，施肥前の約 490 倍を示した。従つて全体的に見ると，植物プラクトンの増殖に対する施肥の効果は，施肥後 10～14 日に顕著に認められるといえよう。

3) 動物性プランクトン (Fig. 4)

プランクトン動物としては，*Sinocalanus tenellus*, *Pseudodiaptomus inopinus*, *Paracyclopina nana*, それらの nauplius 等の汽水性橈脚類が卓越し，養鰻池における消費者として重要な役割を演じている輪虫類としては，*Brachionus calyciflorus*, *Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris* 等の淡水産の外に，*Br. plicatilis*, *Keratella cruciformis* var.

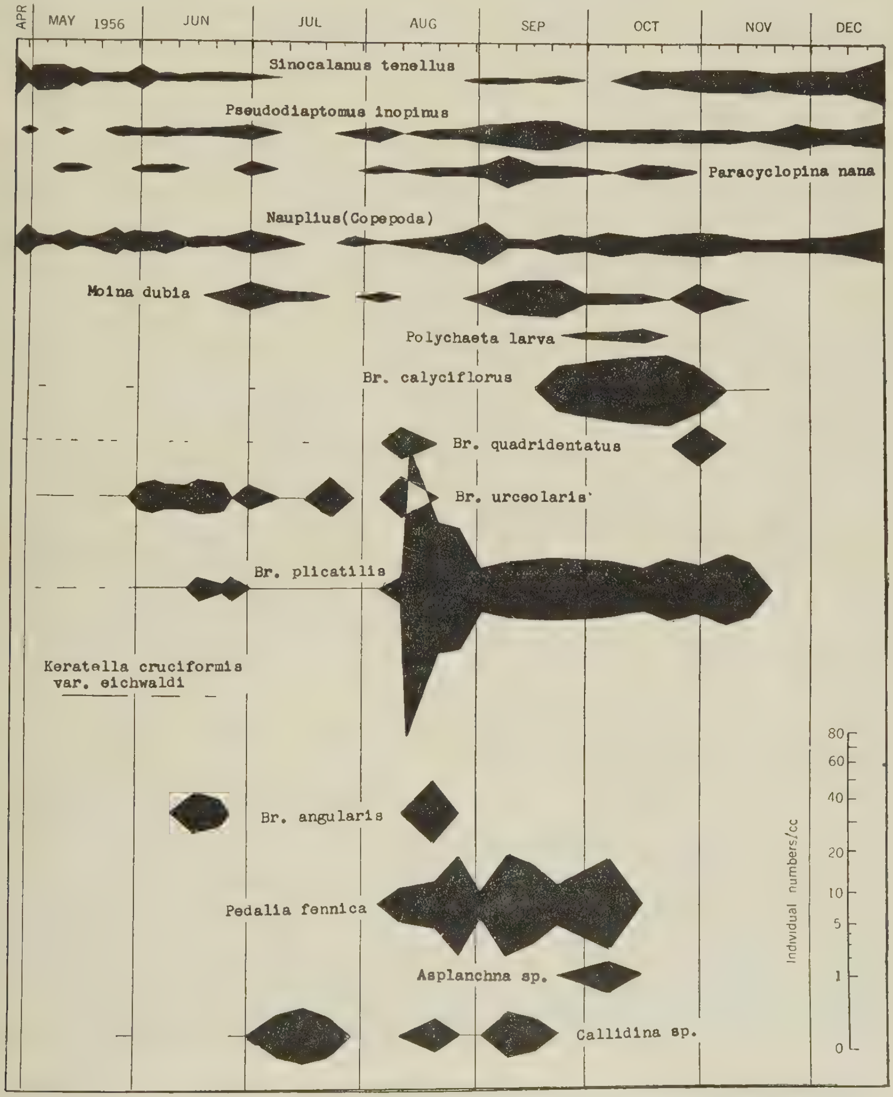


Fig. 4. The seasonal changes of zooplankters in the fertilized fish pond. The figures illustrating with LOHMANN's spherical curve method.

eichwaldi 等の汽水産が，枝角類としては *Moina dubia* が夫々5月上旬，6月下旬から出現し始めているが，輪虫類の個体数密度は5月下旬までは痕跡程度で，6月上旬から稍々増殖しているが，8月10日頃までは密度は420 個体/*l* 以下で極めて小さい。*Moina dubia* の密度も小さい。これらの点から見て，動物性プランクトンに対する施肥の影響は少くとも施肥後1ケ月位は認められないといえよう。

4)　養魚成績

施肥前の4月27日から，施肥後7日まではウナギの摂餌量は極めて少く，正常池の約 1/20 程度であつた。7日後から稍々好転し，3週間後には顕著に良好となり，正常池の水準に達した。それで6月9日には更にビリ (原料鰻) 225 kg (60〆)，6月13日には 150 kg (40〆) を追加放養した。所有者黒宮氏によると，このような良好な摂餌は施肥前は勿論，昭和29〜30両年度にはかつて見られたことはなく，施肥の費用は若し水変り (8月12日〜20日) がなかつたとしたら養魚成績の向上によつて補つて余りがあるとのことであつた。

5)　要約（施肥の効果）

昭和29〜30年度の2ケ年，植物性プランクトンの増殖が悪く，養魚成績が皆無に近い α-中鹹性汽水に属する M_7 池を，4月下旬尿素並に過燐酸石灰で1回の施肥を行つたところ，池水中の PO_4-P は2日後に最大になり，その後急激に減少し，約10日後には施肥前の状態にかえり，無機窒素化合物は，P より稍々遅く，6日後に最大に達し，その後急激に減少し，約20日後には施肥前の状態に回帰した。これにたいし植物性プランクトンは優占種である micron-algae が，7〜9日後から徐々に，10〜14日後に著しく増殖し，其の後も次第に増殖し，8月10日には施肥前の約490倍となつた。それに伴つて池水の透明度も小さくなり，20 cm に達し，溶存酸素量，pH も著しく増加した。またウナギの摂餌量は9日後から好転し，約3週間後から養魚成績は飛躍的に向上した。この養魚成績の好転は植物性プランクトンの著しい増殖に由来すると考えられる。この植物性プランクトンの著しい増殖が施肥の直接的効果であるかどうかは対照池をおくことが困難であり，また唯1回の結果であるので断言することは出来ない。しかし野外の養殖池の施肥結果と，室内実験の結果は全く一致しているので，この施肥によつて植物性プランクトンの著しい増殖が見られ，その結果として養魚成績が著しく向上したと考えても無理はないように思われる。

3. 水変りとその後の経過 (Figs. 2〜4)

施肥を行つた M_7 池の植物性プランクトンは圧倒的な優占種は藍藻類の *Chroococcus dispersus*, *Synechococcus* sp. であり，これらは micron-algae に属し，極めて小型で輪虫類の餌料として最適の1つである。従つて施肥によつてこの藻類が大増殖すると，輪虫類が発生した場合，その増殖速度と増殖量は大きくなり，水変りの速度と変化量も大きくなつてひどい水変りのおこる可能性のあることを施肥に当つて心配した。それで施肥の効果を長期に亘つて追跡すると共に，更に"水変り"を警戒する目的で12月中旬まで不充分ではあるが1週間間隔で観測を継続した。水変り前後の状態並にその後の経過は Figs. 2〜4 に示した。

1)　水変りの状態

8月10日には池水は暗緑色を呈し，透明度は 20 cm，池水の pH は 8.9，溶存酸素は

9.2cc/*l* (172%), 植物性プランクトンとしては micron-algae が 10.83×10^6 細胞/cc 程度に存在し，これらの点からは池に異常は見られなかつたが水温は午前 10 時に 30°C に達し，ウナギの摂餌量は良くなかつた。8 月 12 日朝にはウナギの大部分が池縁にはいあがり，その中約 112.5kg (30〆) が斃死し，他は正常池に移した。ボラ・コイは約 1125kg (300〆) が斃死し殆んど全滅した。池水は褐色系が強くなり，透明度は 20 日には 65cm に落ちた。

8 月 10 日と 20 日の間に観測を欠いているので，水変りの最盛時における水質並にプランクトン相の変化の実態を把えることの出来なかつた点は遺憾である。この水変りは 8 月 20 日には pH は既に 9.8, 溶存酸素は 10.2cc/*l* (177%) に達し回復している。従つてこの水変りの速度は極めて早く電撃的である。この水変り時におけるプランクトン動物の動きも 12 日と 20 日の間の調査例のないのが最大の欠陥である。8 月 10 日には繊毛虫類の *Euplotes* sp. が稍々増加し，その密度は 25 個体/cc に達しているが，20 日には全く消滅している。この個体数密度は繊毛虫類としては津附近の養鰻池においては，このひどい水変りの原因となる程の種類でもなく，またその密度も大きくはない (伊藤・岩井，1958, 第 8 報), 輪虫類としては，*Brachionus quadridentatus*, *Br. urceolaris*, *Br. plicatilis*, *Pedalia fennica* 等が 8 月 10 日から同時に大増殖の傾向の見られることは注目すべきものである。その中，*Br. quadridentatus*, *Br. urceolaris* は 20 日には消滅しているが，しかし *Br. plicatilis* はこれらに反し，20 日にも尚 5.7 個体/cc が残存し，この密度も 8 月 10 日以前に比して著しく大きい。従つて恐らく 10 日から大増殖の傾向にあつた *Br. plicatilis* が爆発的に増殖し，その後急激に減少したものと考える。その折のこの輪虫の最大密度はこの水変り前の餌料としての micron-algae の量から見て，約 80 個体/cc に達したものと推定される (伊藤，1957, 第 6 報)。この 30°C 前後の高水温時における *Br. plicatilis* の爆発的な増殖とその後の急激な斃死は，津附近の養鰻池においては 7〜8 月に普通に見られ (伊藤・岩井，第 8 報；伊藤・岩井，未発表), また実験的研究によつて確認している (伊藤，未発表)。これらの点から綜合的に見て，この水変りの原因は *Br. plicatilis* の異常増殖であると考えるのが最も妥当のようである。

2) 水変り後の経過

8 月中旬の水変りにより，また 8 月 12 日の水変りの被害を最少限に喰い止めるために，M_7 池の池水を約 1/2 排水し，更に横の水路の地表水を約 20cm (M_7 池の排水前の約 2 割に相当する) 注水したので，この M_7 池のプランクトン相，水質は水変り前と著しく異つて来た。

動物性プランクトンは水変り時に大増殖した *Br. plicatilis* は 9 月上旬には 210 個体/*l* に減少し，その後大増殖は認められず，密度は 1 個体/cc 以下で，11 月 19 日 (W.T. 10.3°C) には全く消滅した。その他淡水産輪虫類の *Br. calyciflorus* が 9 月 22 日から出現しているが，これも 11 月 19 日には消滅し，他の輪虫類も 10 月中旬には姿を没した。プランクトン甲殻類の中，*Sinocalanus*, *Pseudodiaptomus* 等の橈脚類は継続して冷水期にも出現しているが，熱帯性枝角類の *Moina dubia* は 11 月 13 日 (W. T. 14.8°C) には消滅している。

植物性プランクトンは水変り後，8 月 20日には micron-algae, *Kirchneriella lunaris* は一旦全く消滅したが，8 月 26 日頃から再び増殖した，しかし施肥後の量には回復しなかつ

た。9月下旬頃から *Microcystis aeruginosa* の青粉が少量形成されたが, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Navicula* 等は水変りによつて全く消滅し, 全体的にはプラクトン植物相も単調になり, また量的には全細胞数は 0.2〜0.8×10^6 細胞/cc 程度で施肥後の状態には返らなかつたが, 輪虫類が全く消滅した 11 月下旬から *Chroococcus* が顕著に増殖を始めた。

池水の塩素量は注水によつて水変り後著しく小さくなり, 10 月上旬には最小 1.42‰ に低下し, その後徐々に増加し, 12 月上旬には 6.56‰ に達した。この 11 月 20 日以後の高鹹化は雨量が少く, 蒸発と高鹹地下水の滲透によるものと考えられる。アルカリ度も水変りから急激に減少し, 塩分の増加とは無関係に 0.98〜1.20 milliequiv./l を 12 月中旬まで保つた。SiO_2 も水変り後 25 mg/l から 2.4 mg/l に減少したが, その後の変化は単調ではない。NH_4–N, PO_4–P は水変り後急激に減少したが, NO_3–N は水変り前後における変化は顕著ではないが, 9 月上旬から急激に増加し, 9 月 8 日には 2.5 mg/l という驚くべき量に達し, その後著しく減少し, 0.27 mg/l となり, その後は極く微量で変化は見られない。NO_2–N は施肥後に引続いて微量のままで変化は認められない。透明度は水変り後著しく大きくなり, 65cm に達したが, その後植物性プランクトンの増殖に伴つて小さくなつたが, 水変り前の状態には回復せず, 30〜60cm 程度であつた。池水の pH は水変り後 9 月 1 日に最低 7.6 に低下したが, その後上昇し, 9 月下旬から pH は 9 以上になつた。溶存酸素は pH と同様に 9 月下旬から飽和以上に回復した。ウナギの摂餌量は水変り後, 8 月 26 日から回復した。

IV. 考 察

養鰻池の施肥に関しては, 稲葉・清石 (1942) が静岡県浜名湖地方の養鰻池で行つた簡単な報告があるのみで, この方面の吾々の知識は極めて貧弱である。養鰻池の実際の施肥に当り, 先づどのような肥料でどのように施肥するか, その方針の目安を立てる上にも, また実際には対照池をおくことが不可能な場合が多いので, 施肥の効果の評価に資するためにも, 吾々は簡単な予備試験の基本方式を考える必要がある。即ち養鰻池のプランクトン植物の増殖に対する最も適切, 簡便な生理分析の方法の確立が今後の重要な問題である。しかし現在の段階では, 予備試験の結果に基き, より良い方法で養鰻池の実際の施肥を行い, 加えられた栄養塩類がどのように動き, プランクトン相並に量がどのように変化し, 増殖するか, 養魚成績はいつ頃からどのように好転するか, 施肥と水変りとの関係等に関するデータを, 各地各種の養鰻池について集積しなければならない。その暁には養鰻池における施肥方法は勿論, 施肥の是非も明かになるであろう。

本試験の方法は充分ではない, 暗中模索的のものである。しかし室内における予備実験と実際の施肥試験の結果は全体的には良く一致している, 従つてこの簡単な生理分析の方法も実際の施肥立案の指針として有用性を示しているといえよう。また M_7 池における施肥の効果も顕著であることは明かである。

養鰻池における施肥と水変りとの関係の問題は更に複雑である。本研究の 1 回の例から断言することは危険であるが, この M_7 池における 8 月中旬の水変りは, 次のような理由によつて, 施肥によつてもたらされたと考えられる。即ち M_7 池は昭和 29〜30 両年度は植物性プラクトンの増殖が著しく悪く, 養鰻成績は皆無に近い状態であつた。しかしその

反面，輪虫類の大増殖は見られず，また水変りによつて被害を蒙るようなことは全くなかつた。ところが施肥の結果，micron-algae が著しく増殖し，前2年度の略々約 500 倍に増加した。そのため汽水性輪虫類の *Br. plicatilis* の増殖速度と増殖量が大きくなり，それによつて水変りの速度と変化量も大きくなつて，ひどい水変りとなり大量の斃死魚を出した。このことは実際的研究（伊藤，1957，第6報；伊藤，未発表）並に野外調査（伊藤・岩井，1958，第8報；伊藤・岩井，未発表）等の結果から容易に考え得ることである。

要するに，養鰻池における施肥の効果は顕著である。しかし塩分濃度が大きく，micron-algae が植物性プランクトンの大部を占めている養鰻池においては，単なる施肥は，輪虫類，特に *Br. plicatilis* が発生した場合，ひどい水変りのおこる可能性がある。従つてこのような養鰻池の実際の施肥では消費者としての輪虫類の異常増殖による水変りを充分警戒することが肝要である。

V. 摘　　要

1) 津市内の汽水性養鰻池，面積 80 アール（2400 坪），水深約 1 m，水量約 7900 m^3，池水の塩素量 2.0～3.5‰，アルカリ度 0.81 milliequiv./l を農業用肥料の尿素並に過燐酸石灰を以て施肥した。

2) 実際の施肥に先立ち，その池水について室内の予備実験を行い，その結果 N, P, 消石灰の単独使用よりも，N と P の両方を加えることが植物性プランクトンの増殖に対し極めて効果的であつた。

3) その養鰻池の施肥は昭和 31 年 4 月 28 日に 1 回行つた。施肥量は尿素（46%，N として）219 kg，過燐酸石灰（可溶性燐酸 20.5%）113 kg で，各々を池水にとかして小舟上から池全面に撒布した。施肥量は池水に対して，12.7 ppm (N)：1.3 ppm (P) ≒ 10：1 である。

4) 施肥後，池水中の PO_4–P は 2 日後に最大（0.58 mg/l）に達し，NH_4/N は 6 日後に最大(3.08 mg/l)になり，其の後いづれも急激に減少した。NO_3–N, NO_2–N は共に 4～6 日後から著しく増加し約 1 ケ月継続しその後は微量になつた。

5) 植物性プランクトンは優占種の micron-algae が施肥をしてから，7～9 日後から徐々に，10～14 日後から急激に増殖し，8 月上旬には 11.08×10^6 細胞/cc となり，施肥前の約 490 倍に達し，透明度も 20 cm になつた。従つて植物性プランクトンの増殖に対する施肥の効果は極めて顕著であり，この結果は室内実験と全く一致する。

6) 動物性プランクトンの増殖に対する施肥の影響は施肥後 3 カ月位の間には殆んど認められなかつた。

7) ウナギの摂餌は施肥後 7～9 日から好転し，3 週間後から飛躍的によくなつた。この養魚成績の著しい向上は施肥による植物性プランクトンの増殖の効果と考えられる。

8) しかし 8 月中旬に 1 回のひどい水変りがおこり，ウナギ約 112.5 kg (30〆)，ボラ，コイ約 1125 kg (300〆) が斃死した。この水変りには汽水産輪虫類の *Brachionus plicatilis* O. F. Müller の爆発的な大増殖が見られているので，この輪虫が原因をなしていると考える。

9) この養鰻池は昭和 29・30 両年度は植物性プランクトンの増殖が著しく悪く，そのため養鰻成績は皆無であつた。しかしその反面，輪虫類の大増殖もまた水変りの被害もな

かつた。従つてこのひどい水変りは施肥によつて輪虫類の餌料としての micron-algae が著しく増加したので, *Br. plicatilis* の増殖速度と増殖量が大きくなつたことに起因することが, 実験的研究並に野外調査の結果によつて推論された。

10) 汽水性養鰻池における施肥の効果も極めて顕著である。しかしこのような養鰻池の単なる施肥は却つてひどい水変りをおこす危険性がある。実際の施肥にあたつては, この点を充分注意する必要がある。

文　　献

稲葉　峻・清石礼蔵 (1942). 鰻養殖に関する研究. 静岡県水産試験場浜名湖分場, pp. 30.

伊藤　隆 (1957). 養鰻池の水変りに関する研究 (VI). Brachionus plicatilis の増殖とプランクトン植物量との関係. Report of Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie, Vol. 2, No. 3, p. 502〜508.

伊藤　隆・岩井寿夫 (1957). ———— (VII). Brachionus plicatilis の捕食作用とプランクトン植物の大きさ. Ibid. Vol. 2, No. 3, p. 509〜516.

————・———— (1958). ———— (VIII). 津市江戸橋地区の6面の養鰻池における昭和30年中の水変り. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 122〜158.

————・———— (1958). ———— (XII). 養鰻池におけるプランクトン動物の動きと水変り. Ibid. Vol. 3, No. 1, p. 193〜208.

————・————. ———— (XIV). 津市北部の養鰻池群における昭和31年中の水変り. Ibid. (未発表).

伊藤　隆・汽水産輪虫, Brachionus plicatilis O. F. MÜLLER の増殖機構. Ibid. (未発表).

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, Oct. 30, 1958.

伊勢湾の小型機船底曳網漁業の漁獲性能

宮　崎　千　博
(三重県立大学水産学部)

Fishing Capacity of the Small Trawl Fishing in Ise Bay

(*With 10 Text-figures and 12 Tables*)

Chihiro MIYAZAKI

Résumé

In this research, we compare the fishing capacity of each net of various small trawlers of different horse power which operate in the fishing ground of Ise Bay.

The comparison of the difference among the fishing capacity of each net of the same kind of small trawlers of different horse power is carried out, using the Tauti's formula: the fishing capacity is indicated by its index.

The results are obtained as follows.

1. Fishing capacity of small beam trawlers becomes effective in proportion to horse power within the limit of capacity less than 20 horse power.
2. Fishing capacities of small sailing beam trawlers and sailing trawlers become effective in proportion to horse power, but they do not become more effective than in the case of small beam trawlers.
3. Fishing capacity of small sailing dredgers becomes effective in proportion to horse power.
4. Fishing capacity of small otter trawlers becomes effective in proportion to horse power, but the fishing capacity of these trawlers in the case of the bottom burrowers does not become more effective than that of the bottom swimmers.

伊勢湾の各種小型機船底曳網漁船の内，高馬力船は昭和 27 年度前後に於て，一応減船整理され，現在では 20 馬力を最高限度とし，手繰，打瀬網第 1，第 2，第 3 及び第 4 種漁業等が操業されているが，これらの被整理船と整理されなかつた船が夫々同一漁場で操業されている時の夫々の底曳網漁船の馬力の大きさによる漁獲性能及び整理後の各種底曳網漁船の馬力の大きさによる漁獲性能の 相違等を知るために，1952 年から 1954 年度迄の 3 ケ年間の伊勢湾南部，中部及び北部漁場（図 1）で操業されている各種小型機船底曳網漁船の漁獲量より漁獲性能を算出し，検討した。

（1） 手繰網第 2 種漁船（張竹付一艘曳）の馬力別漁獲性能

伊勢湾の北部（三重県側），中部（三重県側），南部（愛知県側）及び（三重県側）の 4 ケ所から馬力別に約 10 隻宛（1953 年度の北部は全隻数）の底曳網漁船を選び，馬力別 1 隻当り，月別 1 日当り漁獲量から最小自乗法の準用[1] を行つて漁獲性能を計算し，表 1，表 2，表 4 及び表 6 をえた。

表 1（1952 年）からえた図 2 をみると，20 馬力迄は馬力別の漁獲性能がほぼ馬力に比例するようであるが，20 馬力から 60 馬力の範囲内では，20 馬力迄のようには，馬力の

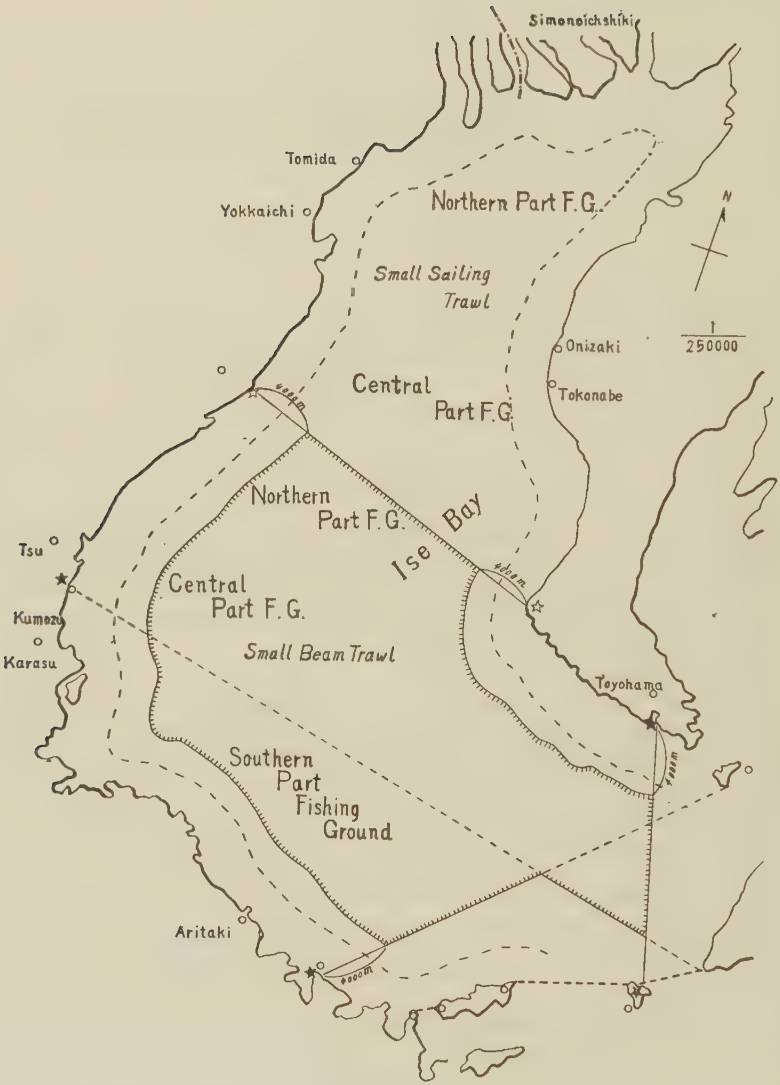


Fig. 1.

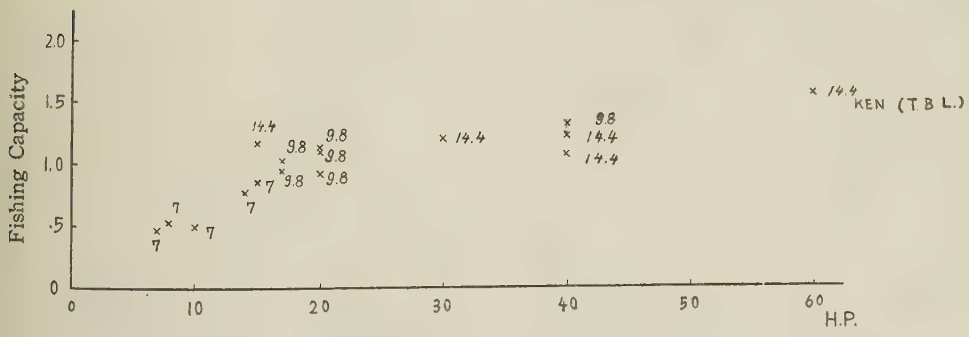
増すに従つて漁獲性能の増す割合が顕著でないことがわかる。このことは手繰網第2種の漁獲物がえび，あかはぜ，たこ等の底棲性生物が主体であるため（游泳性生物，例えばいぼだい，あじ等を漁獲対象とする2艘曳，板曳では，馬力が増すと曳網速度も速くなるが，手繰網第2種では余り速度を増さない），曳網速度を増すと網が浮き気味となつて，却つて入網が少く，又人員及び操網操作の上からも網の数を徒に多くすることも出来ないためにおこつたものと思われる。

次に表2（1953年）から中部（三重県側）の底曳網漁船（17，18）と南部（愛知県側）の底曳網漁船（5，6，9，10）とは張竹の長さと馬力とが共にほぼ等しいので，両者の指数の違いは漁場の指数の違いによると考えると，中部（三重県側）の底曳網漁船（17，18)/南部（愛知県側）の底曳網漁船（5，6，9，10）＝1.11/2.01＝0.55，同様にして北部

Table 1. Fishing capacity of small beam trawlers (1952)

Fishing Ground		Central Part (Mie Prefecture)							
Tonnage		6.40	4.59	10.75	4.44	3.55	6.25	8.70	5.10
Horse Power		15	15	40	30	14	17	20	17
Number of Nets		4	2	3	4	2	3	3	3
Beam Length (Ken)		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	June	17.7	13.0	17.9	12.2	6.9	14.6	15.7	12.4
	July	20.8	15.1	22.3	20.0	14.9	18.0	20.4	14.1
	August	18.4	13.3	21.0	21.5	13.5	16.5	22.8	16.8
	September	16.2	11.4	18.7	16.4	11.8	13.0	13.0	14.2
	October	11.9	8.2	14.7	—	8.3	11.8	—	—
	November	6.1	6.4	—	9.0	6.1	—	4.8	8.1
	December	8.1	9.2	—	13.4	6.8	—	8.1	8.5
Fishing Capacity		1.16	0.86	1.32	1.20	0.78	1.03	1.14	0.96

Fishing Ground		Central Part (Mie Prefecture)							
Tonnage		2.50	3.95	2.77	7.70	13.50	12.12	12.69	8.15
Horse Power		7	10	8	20	40	40	60	20
Number of Nets		2	2	2	3	4	4	4	3
Beam Length (Ken)		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	June	4.6	4.9	10.2	11.5	15.1	12.6	17.0	13.6
	July	11.1	8.4	9.6	14.1	18.9	15.4	26.3	17.1
	August	6.4	7.5	5.8	14.8	20.4	15.9	26.0	19.6
	September	6.9	9.7	6.1	18.2	16.3	16.8	20.6	16.2
	October	—	—	—	—	15.5	13.8	—	—
	November	5.2	3.1	3.4	4.8	12.1	11.0	13.8	7.6
	December	2.5	—	—	6.0	15.7	14.8	20.0	10.1
Fishing Capacity		0.49	0.51	0.52	0.94	1.24	1.08	1.57	1.11



T. B. L. = Total of Beam Length

Fig. 2. Fishing capacity of small beam trawlers

Table 2. Fishing capacity of small beam trawlers (1953)

Fishing Ground	Southern Part (Aichi Prefecture)												Central Part (Mie Prefecture)										Southern Part (Mie Prefecture)		
Tonnage	3.12	1.32	3.12	5.32	8.80	6.37	1.72	6.55	5.94	5.84	7.09	7.05	7.35	8.34	6.55	6.89	6.35	7.70	6.40	4.71	3.55	2.50	2.90	4.58	6.00
Horse Power	13	8	13	18	20	20	10	18	20	20	19	17	20	20	20	17	20	20	15	15	14	7	7	10	12
Number of Nets	2	1	2	3	3	3	1	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
Beam Length (Ken)	4.0	3.3	4.0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	4.0	3.3	3.3	3.3	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.0	6.0	6.2	6.5
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Daily Average Catch in Every Month (Kan)																									
April	13.5	7.3	15.7	13.2	15.0	15.3	—	—	—	5.8	5.5	6.3	10.3	7.8	10.0	9.2	7.9	8.3	9.0	7.9	7.7	6.5	5.2	6.0	7.2
May	8.5	6.7	9.4	9.6	10.7	12.1	7.9	—	—	9.0	7.9	8.1	12.4	10.7	12.4	10.7	7.3	7.9	11.3	8.7	7.7	7.6	4.3	4.7	—
June	12.6	7.8	14.5	16.0	17.4	14.8	7.2	12.8	15.7	14.8	12.5	11.8	13.0	14.1	10.0	10.6	11.6	11.9	16.1	13.0	7.4	6.3	2.7	6.0	7.5
July	13.5	8.3	11.0	18.7	22.0	19.9	6.5	18.9	21.9	16.6	14.5	14.2	17.3	18.3	16.5	13.0	15.9	11.3	15.5	13.6	12.1	8.7	3.3	4.4	6.8
August	15.8	7.3	11.3	27.9	32.5	24.7	5.6	32.2	40.5	35.7	25.7	24.6	20.6	19.1	16.9	16.8	15.5	13.4	20.4	13.7	13.6	10.1	2.7	4.6	4.3
September	13.8	8.0	14.9	22.0	22.5	28.6	8.2	20.5	25.9	26.1	20.9	21.1	—	—	—	—	—	—		—	—	—	4.2	5.7	5.6
October	11.1	5.4	11.6	19.5	18.2	18.8	5.3	15.5	22.1	12.8	11.9	11.8	—	11.1	9.2	10.0	9.4	6.4	13.2	9.5	10.0	8.7	5.7	7.2	6.6
November	12.7	5.6	13.0	14.7	18.7	17.3	6.5	14.8	20.0	12.0	11.4	10.2	11.6	11.0	13.0	11.2	9.5	7.9	13.9	12.1	9.5	7.4	9.1	7.7	4.7
December	12.8	—	11.7	14.1	16.4	19.7	6.1	14.8	17.7	12.9	11.5	12.6	18.5	16.9	16.2	14.6	14.1	12.3	17.5	11.8	13.0	6.9	12.8	8.3	16.6
Fishing Capacity	1.31	0.73	1.29	1.79	2.00	1.96	0.67	1.87	2.36	1.71	1.42	1.40	1.51	1.41	1.35	1.24	1.18	1.03	1.52	1.16	1.04	0.79	0.56	0.62	0.76

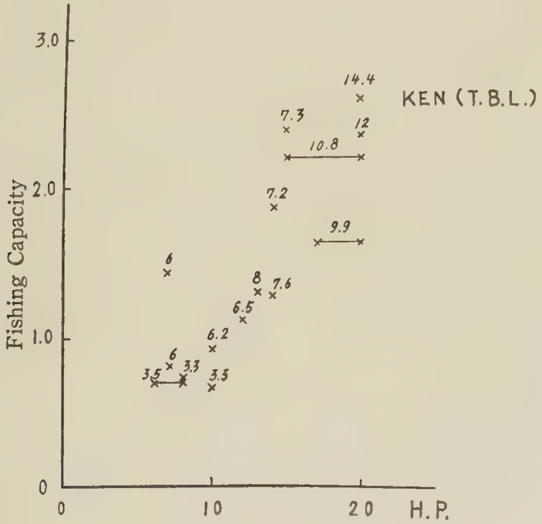
Fishing Ground		Northern Part (Mie Prefecture)																						
Tonnage	4.00	3.75	4.31	3.42	3.25	3.59	2.37	3.59	4.10	3.99	2.32	3.26	3.56	3.10	3.21	2.70	3.09	3.59	2.12	4.03	4.03	1.85	3.77	4.18
Horse Power	14	6	8	7	6	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7	6	6	8	6	8	7	7	7	7
Number of Nets	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beam Length (Ken)	7.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
No.	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Daily Average Catch in Every Month (Kan)																								
April	8.0																							
May	5.5																							
June	5.3																							
July	5.3	3.1	4.1	4.5	3.3	5.2	3.0	4.8	4.5	5.2	2.5	4.0	3.6	4.3	—	3.8	4.5	4.2	4.2	3.7	4.0	2.8	4.2	4.1
August	4.4	4.3	4.5	4.6	3.0	6.6	4.1	5.6	5.6	4.8	2.7	4.7	4.8	5.2	4.6	3.8	5.6	5.0	4.3	4.5	4.6	3.6	4.4	4.8
September	6.9	4.8	5.9	4.2	3.0	6.7	3.5	4.8	5.3	7.2	3.8	4.9	3.9	5.4	4.2	4.0	5.5	5.6	5.2	3.7	4.6	4.6	5.0	4.7
October	9.7	4.6	7.6	5.3	—	6.6	5.3	6.7	4.0	8.2	2.4	5.7	5.6	5.9	4.8	6.4	7.2	5.3	6.2	3.4	6.2	6.6	6.1	6.6
November	14.6	4.0	5.2	5.1	4.5	6.6	4.5	4.5	—	6.3	3.0	5.0	5.4	5.7	5.9	5.4	6.7	7.7	4.9	5.8	6.2	4.3	5.9	6.4
December	18.2	—	7.5	4.3	—	5.0	4.5	—	—	—	—	6.5	6.3	7.0	4.5	7.0	4.0	2.5	7.0	4.0	6.0	5.3	4.5	8.5
Fishing Capacity	0.88	0.43	0.59	0.48	0.35	0.63	0.42	0.55	0.50	0.66	0.30	0.53	0.51	0.57	0.48	0.52	0.57	0.51	0.54	0.43	0.54	0.46	0.51	0.60

(三重県側) の (28, 43, 45)/南部 (愛知県側) の (2) = 0.51/0.73 = 0.70, 南部 (三重県側)の (23)/中部 (三重県側) の (22) = 0.56/0.79 = 0.71, 南部 (三重県側) の (26)/南部 (愛知県側) の (1, 3) = 0.88/1.30 = 0.68, 即ち, 北部 (三重県側), 中部 (三重県側), 南部 (愛知県側) 及び (三重県側) の漁場指数は 0.70 : 0.55 : 1.00 : 0.68[2] であることがわかる。

これで漁場の優劣からくる影響を除くと, 南部 (愛知県側) に引直して表3のようになつた。

Table 3.

3.5 Ken × 1 Net 6~8 H.P. 0.7	3 Ken × 2 Nets 7 H.P. 1.44	3.3 Ken × 1 Net 10 H.P. 0.67
3.3 Ken × 1 Net 8 H.P. 0.73	6 Ken × 1 Net 7 H.P. 0.82	6.2 Ken × 1 Net 10 H.P. 0.91
6.5 Ken × 1 Net 12 H.P. 1.12	4 Ken × 2 Nets 13 H.P. 1.30	
7.6 Ken × 1 Net 14 H.P. 1.29	3.6 Ken × 2 Nets 14 H.P. 1.87	2.6 Ken × 3 Nets 15 H.P. 2.40
3.3 Ken × 3 Nets 17~20 H.P. 1.64	3.6 Ken × 3 Nets 15~20 H.P. 2.20	4 Ken × 3 Nets 20 H.P. 2.36
3.6 Ken × 4 Nets 20 H.P. 2.60		



T. B. L. = Total of Beam Length

Fig. 3. Fishing capacity of small beam trawlers

表3からえた図3からわかるように, これらの各馬力の底曳網漁船の漁獲性能は, 20馬力迄の範囲内では, やはりほぼ馬力に比例するようであるが, 曳網の型式によつてかなり違うようにみうけられる。

同様にして, 表4 (1954 年)から中部 (三重県側) の (1, 3, 4) と南部 (愛知県側) の

Table 4. Fishing capacity of small beam trawlers (1954)

Fishing Ground		Central Part (Mie Prefecture)												Southern Part		
Tonnage		7.7	7.5	7.7	6.3	6.6	8.3	7.4	6.0	4.7	6.4	3.5	2.6	6.4	8.8	5.9
Horse Power		20	15	20	20	20	20	20	17	15	15	14	7	20	20	20
Number of Nets		3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	2	3	3	3
Beam Length (Ken)		3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.0	3.3	3.3	4.0
No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	April	12.5	10.8	5.9	6.7	6.6	8.0	7.6	6.3	5.8	7.4	—	—	12.9	11.5	14.5
	May	11.7	10.0	7.2	7.0	5.9	6.3	5.0	6.8	6.4	7.2	—	—	14.6	14.5	—
	June	14.9	14.3	5.1	8.0	6.9	7.0	6.3	7.5	6.7	7.4	—	—	26.4	24.2	—
	July	24.0	22.6	18.5	19.9	22.2	28.7	26.5	21.8	20.7	23.2	—	—	41.3	54.5	33.3
	August	23.2	21.0	19.0	25.4	24.4	27.9	32.4	25.5	20.0	21.9	13.6	—	36.1	56.7	34.3
	September	23.1	21.0	20.4	24.3	25.6	25.6	—	23.8	18.4	23.0	16.8	—	29.3	32.3	37.5
	October	18.9	16.4	18.7	23.1	26.2	—	—	20.9	17.6	21.0	15.7	8.7	22.8	24.1	29.4
	November	18.4	17.3	16.1	21.5	21.7	23.7	—	19.6	16.9	21.1	12.1	7.5	22.8	21.2	22.4
	December	16.7	15.9	17.9	20.8	21.1	20.1	21.3	19.3	16.8	21.2	13.4	8.5	18.4	22.0	—
Fishing Capacity		1.14	1.04	0.92	1.13	1.16	1.22	1.18	1.10	0.93	1.10	0.80	0.54	1.59	1.93	1.62

Fishing Ground		(Aichi Prefecture)							Southern Part (Mie Prefecture)				Northern Part (Mie Prefecture)		
Tonnage		5.3	6.6	7.1	3.1	3.1	1.7	1.3	4.0	6.0	4.6	2.9	3.6	3.1	3.1
Horse Power		18	18	17	13	13	10	8	14	12	10	7	8	7	6
Number of Nets		3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Beam Length (Ken)		3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	6.5	6.5	6.2	6.0	3.5	3.5	3.5
No.		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	April	10.7	12.0	12.1	10.5	8.5	—	4.8	52.5	30.3	—	15.4	—	—	—
	May	12.1	13.9	13.7	9.7	8.9	—	7.5	13.1	13.3	7.4	10.2	—	—	—
	June	18.6	24.0	23.8	11.7	9.0	7.1	8.6	14.4	8.0	5.0	4.4	6.3	4.5	6.5
	July	29.5	26.5	34.1	16.6	15.5	9.0	10.8	6.2	8.3	5.0	4.9	—	—	—
	August	71.5	39.0	50.8	11.7	10.8	7.4	8.2	5.0	6.8	4.4	6.8	5.9	6.5	6.2
	September	38.5	28.3	32.5	12.0	16.4	6.5	9.4	6.9	—	5.9	7.8	7.0	6.4	7.4
	October	26.5	21.0	21.8	14.3	13.2	5.3	7.3	9.7	—	8.0	8.5	6.3	6.5	6.5
	November	20.3	21.5	22.3	10.9	15.8	5.4	6.2	15.2	—	9.3	7.9	5.6	5.5	6.5
	December	15.8	22.9	27.8	11.0	13.2	5.5	4.1	7.1	—	6.5	—	4.8	4.6	3.8
Fishing Capacity		1.82	1.43	1.72	0.73	0.76	0.38	0.45	0.75	0.69	0.36	0.45	0.35	0.34	0.36

(13, 14) とは張竹の長さと馬力とが共にほぼ等しいので，両者の指数の違いは漁場の指数の違いによると考えると，中部（三重県側）の (1, 3, 4)/南部（愛知県側）の (13, 14) = 1.06/1.76 = 0.60，同様にして北部（三重県側）の (27)/南部（愛知県側）の (22) = 0.35/0.45 = 0.78，南部（三重県側）の (26)/中部（三重県側）の (12) = 0.45/0.54 = 0.83，

即ち，北部（三重県側），中部（三重県側），南部（愛知県側）及び（三重県側）の漁場指数は 0.78 : 0.60 : 1.00 : 0.50 であることがわかる。これで漁場の優劣からくる影響を

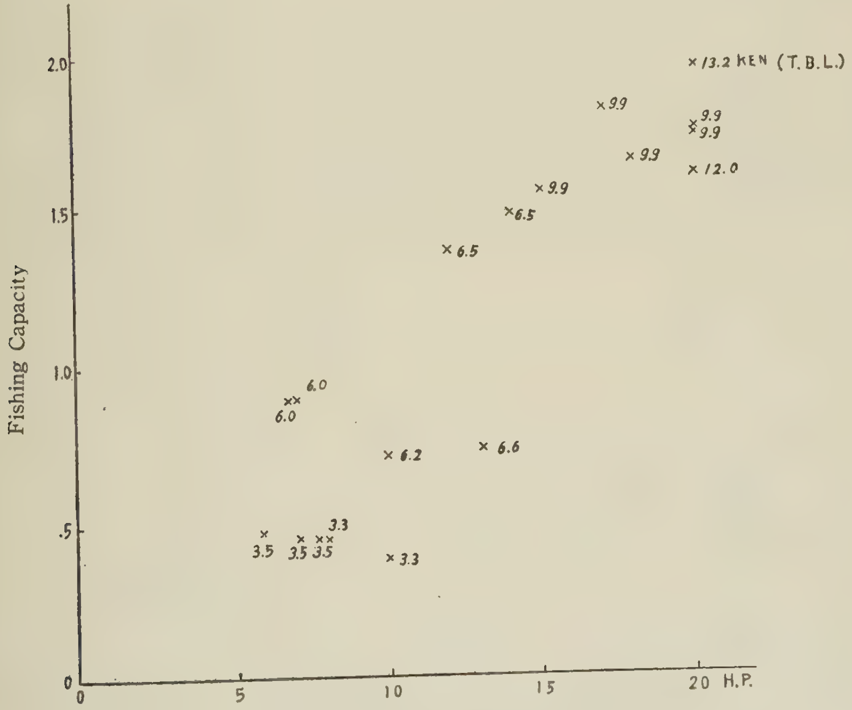
除くと，南部（愛知県側）に引直して表5のようになつた。

各馬力の底曳網漁船の漁獲性能は表5からえた図4からわかるように，20馬力迄の範囲内では，ほぼ馬力に比例するようであるが，曳網の型式によつてかなり違うようにみうけられる。

又冬期間の1月から3月迄の間の馬力別の漁獲性能を計算すると表6のようになり，この表からえた図5からわかるように，漁場指数は南部

Table 5.

3.5 Ken × 1 Net	6 H.P.	0.46	3.5 Ken × 1 Net	7 H.P.	0.44
3.5 Ken × 1 Net	8 H.P.	0.45	3.3 Ken × 1 Net	8 H.P.	0.45
6.0 Ken × 1 Net	7 H.P.	0.90	3.0 Ken × 2 Nets	7 H.P.	0.90
3.3 Ken × 1 Net	10 H.P.	0.38	6.2 Ken × 1 Net	10 H.P.	0.72
6.5 Ken × 1 Net	12 H.P.	1.38	3.3 Ken × 2 Nets	13 H.P.	0.75
6.5 Ken × 1 Net	14 H.P.	1.50	3.3 Ken × 3 Nets	15 H.P.	1.57
3.3 Ken × 3 Nets	17 H.P.	1.83	3.3 Ken × 3 Nets	18 H.P.	1.66
3.3 Ken × 3 Nets	20 H.P.	1.77	3.3 Ken × 3 Nets	20 H.P.	1.76
3.3 Ken × 4 Nets	20 H.P.	1.97	4 Ken × 3 Nets	20 H.P.	1.62



T. B. L. = Total of Beam Length

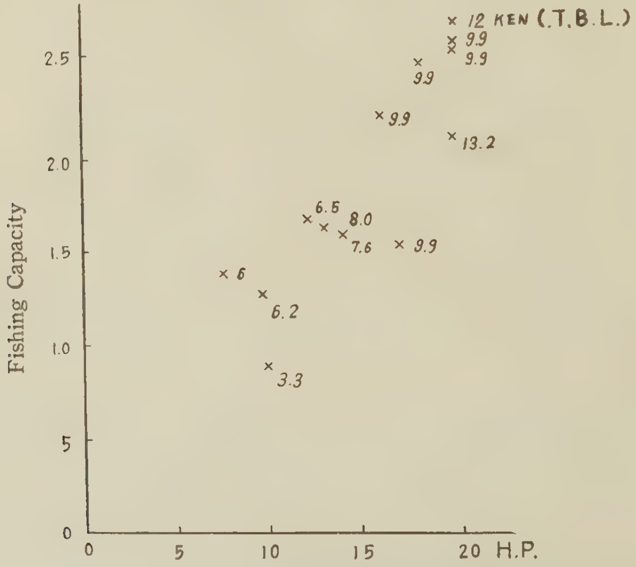
Fig. 4. Fishing capacity of small beam trawlers

（愛知県側），中部（三重県側），南部（三重県側）で 0.50 : 0.22 : 1.00 となり，漁獲性能はやはり，ほぼ馬力に比例するようである。南部（三重県側）の漁場指数が4月から12

Table 6. Fishing capacity of small beam trawlers (1955)

Fishing Ground		Central Part (Mie Prefecture)								Southern Part			
Tonnage		7.7	6.3	6.5	8.3	7.3	6.0	4.7	6.4	6.3	8.8	5.9	5.8
Horse Power		20	20	20	20	20	17	15	15	20	20	20	20
Number of Nets		3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3
Beam Length (Ken)		3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	4.0	3.3
No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Daily Average Catch in Every Month	January	14.4	11.1	11.4	8.2	—	—	—	15.2	13.9	12.9	11.7	12.8
	February	—	4.4	5.2	—	6.2	—	—	—	21.2	24.8	22.8	17.1
	March	5.0	5.3	6.0	4.9	6.1	5.3	4.3	5.0	23.1	22.2	21.9	25.4
Fishing Capacity		0.65	0.47	0.51	0.45	0.40	0.33	0.27	0.68	1.38	1.42	1.34	1.32

Fishing Ground		(Aichi Prefecture)							Southern Part (Mie Prefecture)			
Tonnage		7.0	5.3	6.5	7.1	3.1	3.1	1.7	4.0	6.0	4.5	2.9
Horse Power		19	18	18	17	13	13	10	14	12	10	7
Number of Nets		3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1
Beam Length (Ken)		3.3	3.3	3.3	3.3	4.0	4.0	3.3	7.6	6.5	6.2	6.0
No.		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Daily Average Catch in Every Month	January	10.4	11.2	13.3	11.6	8.3	10.4	5.1	19.9	21.1	18.7	19.1
	February	16.9	20.8	23.6	14.5	14.4	10.2	—	11.5	12.6	6.0	16.4
	March	16.1	20.5	19.4	21.0	14.0	9.8	—	35.3	35.3	23.3	23.0
Fishing Capacity		1.02	1.24	1.32	1.12	0.87	0.71	0.43	1.58	1.64	1.12	1.38



T. B. L. = Total of Beam Length

Fig. 5. Fishing capacity of small beam trawlers

月の間よりも，1月から3月の間の方が大きいのは，冬期間南部漁場（三重県側）では，たこの漁獲が著しく多くなるためと思われる。

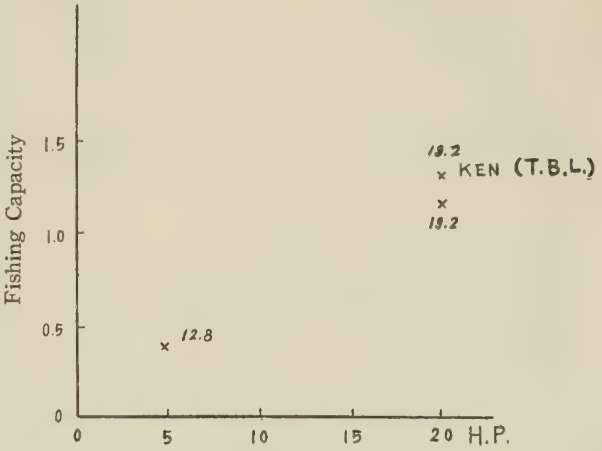
以上のことから，1953年の北部，中部，南部（愛知県側）及び（三重県側）の漁場指数と1954年のこれらの漁場指数とがほぼ一致し，又両者共漁獲性能がほぼ馬力に比例することがいえる。

（2） 打瀬網第2種漁船（打瀬曳の張竹付1艘曳）の馬力別漁獲性能

伊勢湾の中部（愛知県側）から馬力別に3隻の底曳網漁船を選び，馬力別1隻当り，月別1日当り漁獲量（がざみ，えび，あかはぜ，てんじくだい等が主な漁獲物）から最小自乗法の準用を行つて漁獲性能を計算した（表7）。

Table 7. Fishing capacity of small sailing beam trawlers (1954～1955)

Fishing Ground		Central Part (Aichi Prefecture)		
Tonnage		9.8	6.0	2.2
Horse Power		20	20	5
Number of Nets		6	6	4
Beam Length (Ken)		3.2	3.2	3.2
No.		1	2	3
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	September	28.1	17.8	8.2
	October	32.0	23.1	10.5
	November	46.6	42.4	16.6
	December	49.6	43.7	12.8
	January	16.6	16.0	—
	February	24.8	23.0	—
	March	24.9	22.1	14.8
Fishing Capacity		1.29	1.15	0.46



T. B. L. = Total of Beam Length

Fig. 6. Fishing capacity of small sailing beam trawlers

表7（1954～1955年）からえた図6にみるように，馬力別の漁獲性能は馬力に比例するようであるが，手繰網第2種漁船のように馬力が大きくなる割合に漁獲性能は高くはならなかつた。これは動力曳とは異り，打瀬網漁船では馬力が大きくなつても，操網上には関係なく（機関を使用するのは漁場えの往復のみ），勿ろ船体の大きさ（馬力が大きくなれば船体も大きくなり，従つて帆の面積も大きくなる）が漁獲性能を高める原因となるものと思われる。然し帆曳は動力曳のように馬力が大きくなるに正比例して速度も速くなるようなことがなく，又余り風が強くなると船体が動揺し，殊に船体の大きい程，網への動揺の伝い方が大きく，所謂網の海底に対するしやくりが大きくなり，魚類の入網に不利となること等のことが上に述べたような漁獲性能の差異を生じたものと思われる。

（3） 打瀬網第3種漁船（桁網）の馬力別漁獲性能

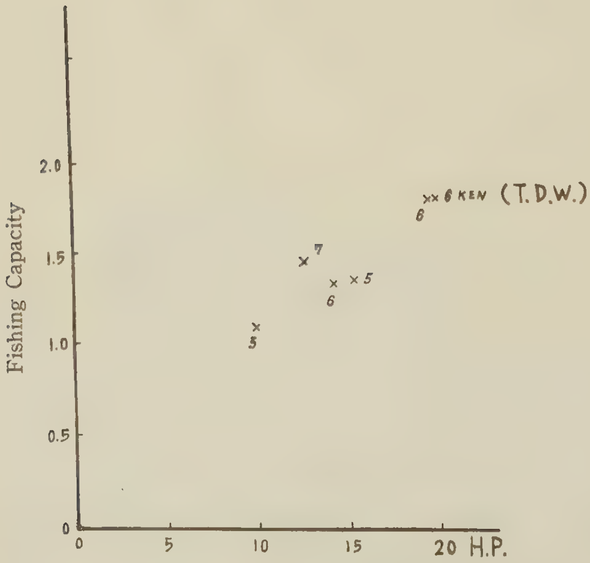
伊勢湾の北部（愛知県側），中部（愛知県側）及び南部（三重県側）から馬力別に6隻の底曳網漁船を選び，馬力別1隻当り，月別1日当り漁獲量（がざみ，えび，かれい等が主な漁獲物）から最小自乗法の準用を行つて漁獲性能を計算した（表 8)。

Table 8. Fishing capacity of small sailing dredgers (1955)

Fishing Ground		Central Part (Aichi Prefecture)	Northern Part (Aichi Prefecture)		Southern Part (Mie Prefecture)		
Tonnage		7.7	5.3	4.4	4.0	4.0	4.5
Horse Power		20	20	15	14	12	10
Number of Dredge		6	6	5	6	7	5
Dredge Width (Ken)		1	1	1	1	1	1
No.		1	2	3	4	5	6
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	February	—	1.8	1.4	3.5	4.3	3.0
	March	5.5	1.5	1.2	5.3	5.2	—
Fishing Capacity		1.47	0.49	0.39	1.36	1.44	1.07

Table 9.

1 Ken × 5 Nets 4.5 Ton 10 H.P. 1.07	1 Ken × 7 Nets 4.0 Ton 12 H.P. 1.44
1 Ken × 6 Nets 4.0 Ton 14 H.P. 1.36	1 Ken × 6 Nets 4.4 Ton 15 H.P. 1.39
1 Ken × 6 Nets 3.5 Ton 20 H.P. 1.75	1 Ken × 6 Nets 7.7 Ton 20 H.P. 1.75



T. D. W. = Total of Dredge Width

Fig. 7. Fishing capacity of small sailing dredgers

表8 (1955 年) から北部（愛知県側）の底曳網漁船（3）と南部（三重県側）の底曳網漁船（4）とは馬力と船体の大きさ及び桁数（共に桁口の幅が5尺）が共にほぼ等しいので，両者の指数の違いは漁場の指数の違いによると考えると，北部（愛知県側）の（3)/南部（三重県側）の（4) = 0.39/1.36 = 0.28，同様にして中部（愛知県側）の（1)/北部（愛知県側）の（2) = 1.47/0.49 = 3.0.

即ち，北部（愛知県側)，中部（愛知県側）及び南部（三重県側）の漁場指数は 0.28 : 0.84 : 1.00 であることがわかる。

ここで漁場の優劣からくる影響を除くと，南部（三重県側）に引直して表9のようになつた。

表9からえた図7からわかるように，漁獲性能はほぼ馬力（噸数）に比例するようである。

打瀬網第2種の場合と異り，

Table 10. Fishing capacity of small sailing trawlers (1954~1955)

Fishing Ground		Central Part (Aichi Prefecture)									
Tonnage		8.1	8.9	9.4	7.9	7.4	5.9	6.4	7.9	3.1	4.1
Horse Power		20	20	20	20	18	18	18	16	9	7
Number of Nets		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	November	12.4	—	13.4	—	16.2	—	5.2	—	—	—
	December	11.7	17.8	23.2	16.4	23.5	14.4	24.3	17.0	9.1	10.6
	January	15.7	21.5	17.3	—	16.0	17.3	20.2	15.6	6.3	8.2
	February	19.6	24.4	16.3	14.3	21.9	21.1	22.2	17.9	—	—
	March	18.1	26.2	19.2	18.8	17.0	20.9	23.6	—	—	—
Fishing Capacity		0.99	1.23	1.03	0.86	1.09	1.00	1.15	0.97	0.47	0.57

馬力が大きくなると，それにほぼ正比例して漁獲性能がよくなるのは，噸数が大きくなると，風圧，波浪によつて，それだけ動揺が大きく，従つて桁網の海底に対するあをりを大きくするため（桁網のあをりを大きくすることは桁網にとつては漁獲性能を高めることになる）と思われる。

（4） 打瀬網第1種漁船の馬力別漁獲性能

伊勢湾の中部（愛知県側）から馬力別に 10 隻の底曳網漁船を選び，馬力別1隻当り，月別1日当り漁獲量（がざみ，えび，あかはぜ，かれい，てんじくだい等が主な漁獲物）から最小自乗法の準用を行つて漁獲性能を計算した（表 10)。

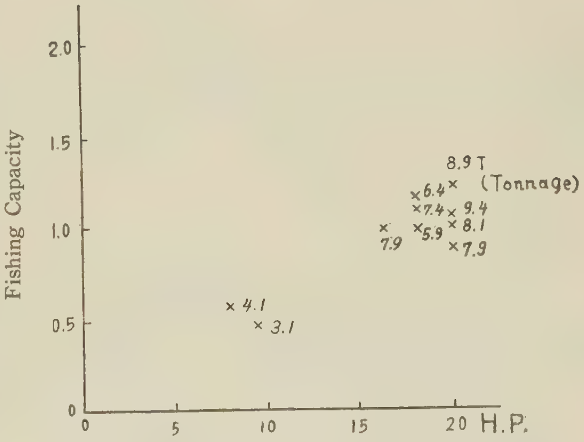


Fig. 8. Fishing capacity of small sailing trawlers

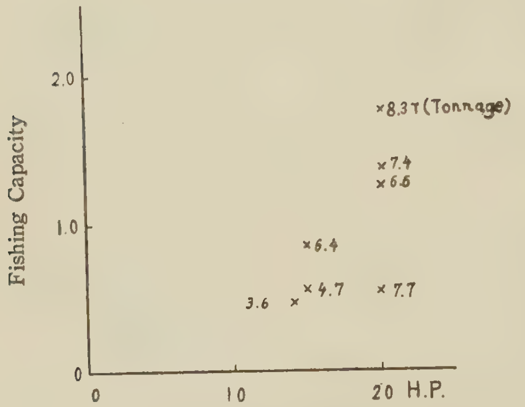
表 10 (1954~1955 年) からえた図8をみると，漁獲性能は馬力（噸数）に比例するよ

Table 11. Fishing capacity of small otter trawlers (Bottom Swimmer)

Fishing Ground			Southern Part						
Tonnage			3.6	4.7	6.4	7.7	8.3	6.6	7.4
Horse Power			14	15	15	20	20	20	20
No.			1	2	3	4	5	6	7
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	September	First ten days	1.60	—	17.36	9.48	31.64	20.11	19.76
		Middle of a Month	8.48	9.27	13.61	8.52	23.62	22.59	20.01
		Last ten days	13.12	7.30	7.42	6.80	25.80	13.50	25.18
Fishing Capacity			0.48	0.57	0.85	0.54	1.77	1.26	1.40

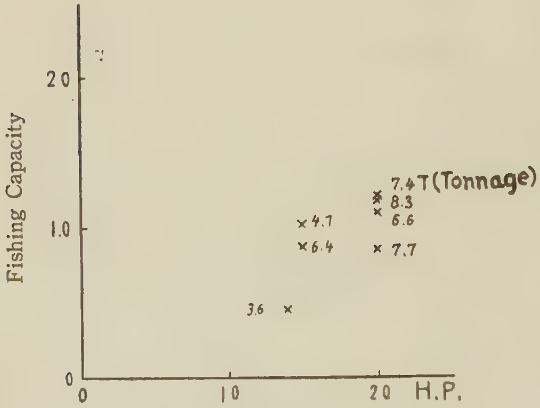
Table 12. Fishing capacity of small otter trawlers (Bottom Burrower)

Fishing Ground			Southern Part						
Tonnage			3.6	4.7	6.4	7.7	8.3	6.6	7.4
Horse Power			14	15	15	20	20	20	20
No.			1	2	3	4	5	6	7
Daily Average Catch in Every Month (Kan)	September	First ten days	5.52	—	2.59	5.60	5.45	8.22	6.60
		Middle of a Month	2.54	10.02	7.27	6.26	12.94	15.05	12.80
		Last ten days	5.49	12.64	13.10	11.43	13.65	9.05	13.78
Fishing Capacity			0.45	1.02	0.88	0.84	1.17	1.10	1.19



Bottom Swimmer

Fig. 9. Fishing capacity of small otter trawlers



Bottom Burrower

Fig. 10. Fishing capacity of small otter trawlers

うであるが，手繰網第2種漁船のようには，馬力が大きくなる割合に漁獲性能は高くはならなかつた。この場合も動力曳と帆曳との相違が上に述べたような漁獲性能の差異を生じたものと思われる。

（5） 拡網板付1艘曳底曳網漁船の漁獲性能

伊勢湾の南部漁場から馬力別に7隻の底曳網漁船を選び，それらの入網魚種を游泳性（いぼだい，まあじ，ぐち，いか等が主な漁獲物）と底棲性（はも，えそ，えび等が主な漁獲物）とに分け，これらの馬力別1隻当り，月別1日当り漁獲量から最小自乗法の準用を行つて漁獲性能を計算した（表11，表12）。

表11，表12表からえた図9，図10をみると，何れも馬力が大きくなれば漁獲性能もよくなるようであるが，馬力が大きくなるにつれて漁獲性能が高くなる割合が，游泳性の方が底棲性に比して顕著であつた。このことは馬力が大きくなれば曳網速度も増し，従つて曳網速度が増せば，おそい場合に比して網幅と網口の高さが同じでも游泳性生物を漁獲するのには有利となるが，余り速く曳網することは網が浮き気味[3]となり底棲性生物を漁獲するのには不利となること及び曳網速度が或る速さ以上になると，拡網板は拡がらなくなり網幅が一定[4]となること等，こ

れら両者が綜合されて上述の様な結果を示したものであろう。

文　　献

1) 田内森三郎： 漁具物理学，東京水産大学版，(1953).
2) 田内森三郎： 漁獲性能講義録
3) 宮崎千博： 小型機船底曳網の研究，三重県立大学水産学部紀要，第二巻第三号 (1957).
4) 宮崎千博： 小型機船底曳網の研究，三重県立大学水産学部紀要，第二巻第三号 (1957).

5) 宮崎千博： 伊勢湾小型底曳網漁業調査報告　三重県立大学水産学部 (1953).
6) 宮崎千博： 伊勢湾小型底曳網漁業調査報告　三重県立大学水産学部 (1954).
7) 宮崎千博： 伊勢湾小型底曳網漁業調査報告　三重県立大学水産学部 (1955).

本研究は昭和27, 28, 29年の3ヶ年に亘る東海区水産研究所の底魚資源委託調査によつて行つた伊勢湾小型底曳網漁業調査報告（昭和28[5], 29[6], 30[7]年）の一部を取纒めたものであつて，本調査に御便宜を賜つた東海区水産研究所漁具漁法部長高山重嶺氏に対して衷心より謝意を表す

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

ヒロメの発生に関する研究—II・

芽胞体の発生とそれに及ぼす光線の強さの影響について

瀬 木 紀 男・喜 田 和 四 郎*

(三重県立大学水産学部藻類学教室)

Studies on the Development of Undaria undarioides (YENDO) OKAMURA (II)

On the Development of Sporophytes and Influence of Light Intensity on it

(*With 3 Plates and 7 Text-figures*)

TOSHIO SEGI and WASHIRO KIDA
(Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie)

Résumé

In the first paper of this study the writers have reported on the development of gametophytes and influence of light intensity on it.

The present investigation was carried on the development of sporophytes of *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA and influence of light intensity on it comparing with the development of sporophytes of *Undaria pinnatifida* SURINGAR by the same manner as in the previous investigation.

The results obtained are as follows:

1) In *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA was often observed a bifurcate oogonium, while none was observed in *Undaria pinnatifida* SURINGAR.
2) An emptied oogonium in both cases became often filled with newly developed cells of the gametophytes which broke out the wall of the oogonium at the base of the sporophyte.
3) In *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA, about 13~20 celled young sporophytes developed the first rhizoid as Kanda (1936) has shown in *Laminaria japonica* ARESCH.
4) The parthenogenetical developed female gametophytes which were reported in the previous paper died after irregular growth for about 50 days, growing up to about 1 mm.

The results of experiments on the influence of different light intensities on the sporophytes were as follows:

1) The maturation of gametophytes and the growth of sporophytes seemed to be greatly affected by light intensity.
2) In the outdoor sunlight (about 4800 lux), the survival rate was low and the

* 旧姓・後藤

average speed of development was rapidly falling. And they did not germinate in the totally dark room (0 lux). The suitable light intensities for the culture were considered about 1500～2000 lux, during the experiment.

3) They stopped growing at below 14.0°C, and the vegetative cells near the apex of the young sporophytes were destroyed.

4) When they were left at a low or high water temperature, their survival rate in about 20～300 lux became higher than in about 1200～4800 lux.

緒　　言

ヒロメ *Undaria undarioides* (Yendo) Okamura の配偶体発生とそれに及ぼす光の強さの影響等については，前報（ヒロメの発生に関する研究—I，1957）の通りで，これまで報告されているワカメ *Undaria pinnatifida* Suringar などの場合に比べて顕著な相違は認められなかつたのであるが，その後，引続きヒロメの芽胞体の発生に関しても同様の実験と観察を重ねてきたので，その結果を報告する。

材料及び方法

材料は志摩半島御座岬のヒロメと，比較のために同浜島地先のワカメを用いたが，1957年春に游走子の培養を行つて，未成熟のまま室内に放置して越夏させた配偶体を，同年10月初旬（水温約 23.0°C）本実験に使用した。培養海水はヒロメの生育地のものを濾過して用いた。

夏の間の水温は 24.0°C～28.5°C。培養海水の比重 (δ_{15}) は 25.0～26.0（塩素量に換算して約18.6～19.4‰）。光の強さは約 100～300 lux の場所に放置したものが最も生残率よく，珪藻類などの発生も少なかつたので，それを用いた。

尚，配偶体が夏の間に甚しく伸長して，互いに錯綜している状態のものを乳鉢で細かくすり分けて再びスライドグラスに着生させ培養して見たが，その場合の方がむしろ成熟・発芽等について好結果を得た。

配偶体の成熟及び芽胞体発芽の条件として，水温は 19.0°C～21.0°C 附近が最もよく，ヒロメではワカメに比べて，多少，高温でも成熟・発芽する様である。又，或程度以上の明るさを与えることと，実験室では新たな培養海水を加えることが，成熟・発芽を誘発する上に大切な条件と思われる。

発生に及ぼす光の強さの影響は前報と大体同様の方法で，半透明のビニールで明るさを加減し，晴天の日の日中における明るさを示した。Table 1 の表中に矢印で示した発生の段階は正確に平均を表わすことが困難であつたので，顕微鏡下（1 視野約 1.0 mm² 中に大体 10～20 個体前後数えられる）10 視野中における最も出現比率の多い発生段階のものを平均と見なして表示したものである。

観察及び実験結果

1. 芽胞体の発生

a) 越夏した配偶体とその成熟

越夏した配偶体 (Fig. 1, A～D, Plate VI, 1) は一般に体細胞が肥厚し，球状となつて細胞間のくびれも比較的深く，それら各所の細胞から，やや細長く分割した糸状の細胞を数本伸出しているものが多い。しかし，環境条件によつて時には細胞が球状となることなく，非常に長く伸長する場合も見られている。そして，かように越夏した配偶体においては雄性及び雌性の判別が困難なもの多く，雌性と思われるものでも多数の細胞からなつていたり，体細胞の巾や長さなども個体により，又，体の各所によつて相違する場合が少なくない。しかし，それらが成熟し始める頃から次第に雌性及び雄性の特徴が現われ判別できるようになる。

配偶体の色素は，同条件下において，ヒロメでは一般に濃い褐色であるに比し，ワカメでは茶褐色となり，それは殊に雌性配偶体で顕著に観察される。

ヒロメの雌性配偶体は成熟すると，球状の細胞がそのまま膨出するように伸長して (Fig. 3, A～B, Plate VI, 4～5) 蔵卵器が比較的近接し密に形成されるが(Plate VII, 6)，ワカメでは配偶体細胞が多少長く伸長して，各所の細胞から割合に疎に蔵卵器を形成する傾向が見られた (Plate VII, 7)。

これら雄性及び雌性配偶体の成熟即ち蔵精器及び蔵卵器の形成過程等については前報にも述べた通りで，雄性では細長く複雑に分岐した各所の細胞から更に多くの疣状の細胞を膨出し，枝端の細胞などと共に色素体の色を失い淡青色の蔵精器となり，その膜が破れて精虫 (Fig. 2, D) が游出される。そして精虫の出た後の細胞膜が残つて嘴状に開口している(Fig. 2, A～C, Plate VI, 2～3)。一方，雌性では各所の細胞が棍棒状に膨出・伸長し蔵卵器となる。蔵卵器は成熟するにつれ，色素体は細かくなり，先端の部分に集つてその部分に膨圧を感ずるようになる (Fig. 3, A～B, Plate VI, 4～8)。

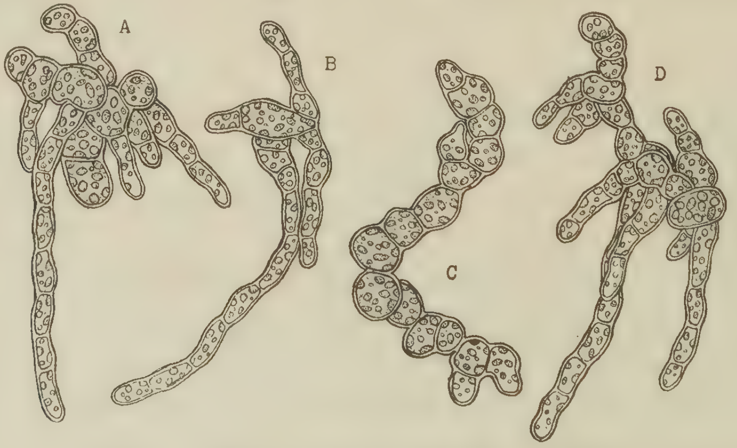


Fig. 1. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA.
Gametophytes.　× 380.
A～D. Gametophytes which passed through the summer. At this stage the distinction between male and female gametophytes could not often discriminated. (October 10, 1957)

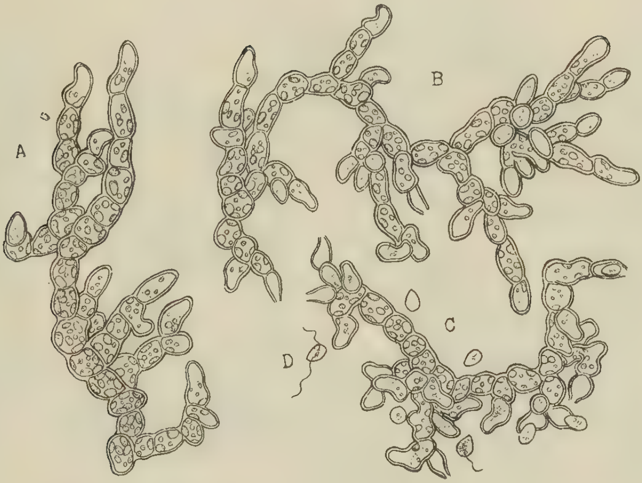


Fig. 2. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA.
Male gametophytes. × 380.

A～C. Mature male gametophytes with profusely branched filaments. Clusters of antheridia may be observed at the tips of the branches. (October 18)
D. Male gamete in motile state. (October 18)

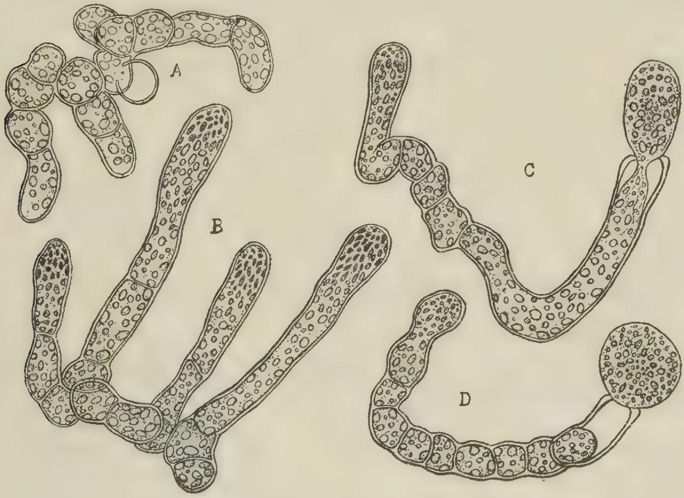


Fig. 3. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA.
Female gametophytes, oogonia and eggs. × 380.

A. Female gametophyte consisting of 13 cells. (October 24)
B. Female gametophyte bearing four mature oogonia. The chromatophores of the oogonial cell are divided into small pieces, and are crowded together, with their long axes parallel to that of the oogonium. (October 24)
C. Female gametophyte at maturity, showing the actual liberation of egg. (October 24)
D. An egg resting on the opening of the oogonium. (October 24)

Fig. 4. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA.
Eggs and young sporophytes. × 380.

A. Two egg-cells developed from female gametophyte consisting of numerous cells, from a culture 3 days old after egg-cells developed.
B. Two young sporophytes developed from female gametophyte, from a culture 3 days old after egg-cells developed.
C. Female gametophyte with bifurcate oogonium and young sporophyte, from a culture 12 days old after egg-cells developed.

尚，ヒロメにおいて，蔵卵器が叉状に分岐してるものを数個体認めたが，これがどのように卵細胞を形成してゆくかは観察できなかつた (Fig. 4, C, Plate VI, 7)。

また，前報に述べたような春季に成熟した蔵精器・蔵卵器は実験室では極く一部で，特別に環境条件を与えない限り，大部分は秋季，水温の降下と共に成熟することが認められた。

b）芽胞体の発芽

蔵卵器が全く成熟すると，その内容が次第にその頂端の方に押上げられ，(Fig. 3, B, Plate VI, 8, Plate VII, 1)やがて，その頂端が裂け，そこから内容が押出されて，極く短時間（大体 1～2 分）の間に，その開口部に卵細胞が附着形成される現象を観察したが，(Fig. 3, C) 恐らく受精はその前後に行われるものと想像される。その際，卵細胞はそのままの位置で成長してゆくが，ワカメでは稀にその開口部から卵細胞が離脱してゆくのが見られた (Plate VII, 3)。

卵細胞は最初，原形質膜ようのもので包まれている (Fig. 3, C～D, Plate VII, 2～3)。又，蔵卵器が或程度成熟してから，卵細胞を形成せずに，間もなく再び細胞分割が行われて，成熟前のような状態に戻つてしまう雌性配偶体もしばしば観察されたが，これらの多くは発生速度のやや遅いものに見られた (Fig. 5, D, Plate VIII, 1)。更に，ヒロメ及びワカメにおいて蔵卵器から卵細胞が押出された後の中空の部分に配偶体の細胞が新たに伸長してきて，芽胞体の基部に到達すると，そこから弯曲して側壁を破り外部に突き出る現象も観察された (Fig. 5, A～C)。

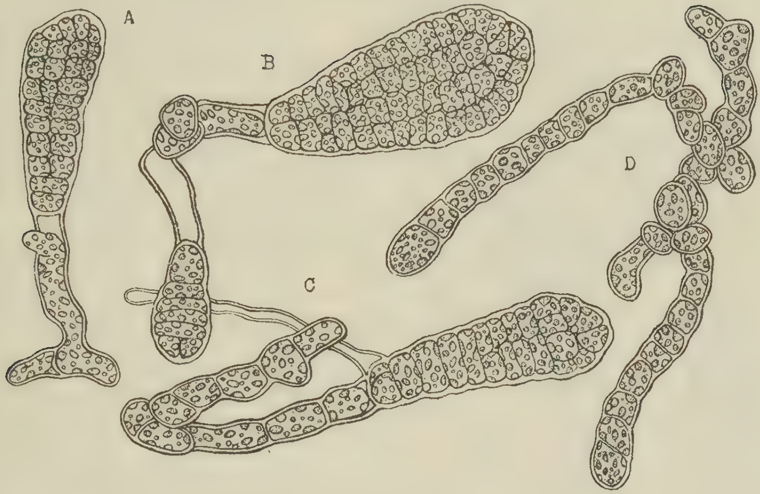


Fig. 5. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA. Young sporophytes and female gametophyte. × 380.

A. An old female gametophyte with young sporophyte. The empty oogonium becomes filled with newly developed cells of the gametophyte. From a culture 12 days old after egg-cells developed.
B. Female gametophyte with two young sporophytes, from a culture 22 days old after egg-cells developed.
C. The basal cell producing a rhizoid, from a culture 22 days old after egg-cells developed.
D. Oogonia occurred cell-division without development of egg-cells. (November 13, 1957)

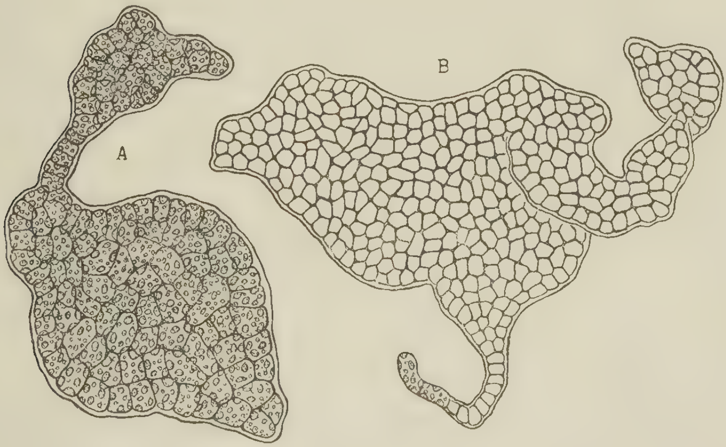


Fig. 6. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA. Parthenogenetical developed female gametophytes.

A. Female gametophyte seems to parthenogenetical developed, from a culture 40 days old. (May 24, 1957) × 380.
B. Female gametophyte seems to parthenogenetical developed, from a culture 46 days old. (May 30) × 190.

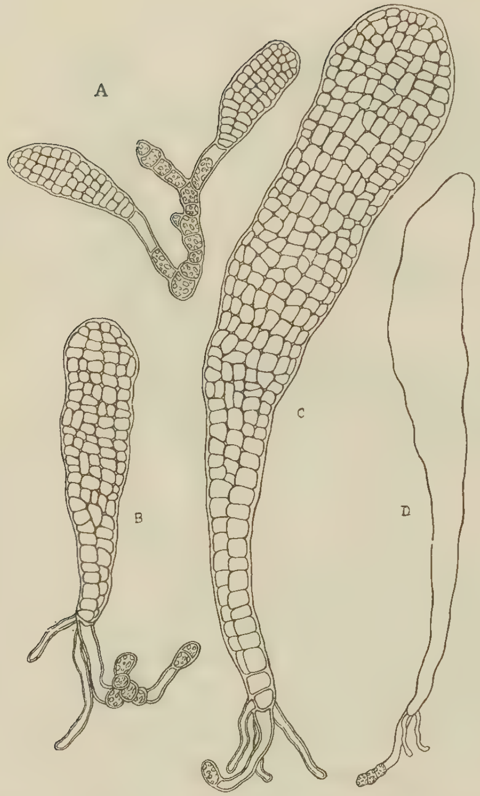


Fig. 7. *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA. Young sporophytes.

A. Female gametophyte with two young sporophytes, from a culture 27 days old after egg-cells developed. × 140.
B. Young sporophytes. The basal cell producing rhizoids. From a culture 27 days old after egg-cells developed. × 140.
C. Young sporophyte with several rhizoids, from a culture 38 days old after egg-cells developed. × 140.
D. Young sporophyte with several rhizoids, from a culture 38 days old after egg-cells developed. × 75.

卵細胞は多少,縦に伸長すると (Fig. 4, A) 次第に分裂して細胞数を増すが最初の数回は卵細胞の縦軸に直角で, (Fig. 4, C∼B, Plate VII, 4∼5) 間もなく縦の方向の分裂も起り，幼芽胞体となるが，その初期の分裂は体の先端に近い方が一般にはやく，巾も広くなる。そして，蔵卵器の開口部に附着したまま発育し，卵細胞形成後，約 30 日で 200μ 以上，約 40 日で 500μ∼1 mm の大きさに達する (Fig. 5, A∼C, Fig. 7, A∼D, Plate VII, 8∼9, Plate VIII, 2∼4)。又，仮根の伸出する時期は，ヒロメでは，最もはやいもので 13 個細胞の幼芽胞体から見られ，十数個細胞で伸出するものが少くないが (Plate VIII,2∼3), ワカメでは数十個細胞まで見られなかつた。尚，仮根は最基部の細胞から出て色素体なく隔壁も作らない (Fig. 5, C, Fig. 7, B∼D, Plate VII, 9, Plate VIII, 2∼4)。

c) 単為的発生

前報の游走子培養 28 日目に観察された単為的な発生体はその後，6 月初旬頃まで約 50 日間，不規則に畸形的な成長を続け，体長 1 mm 以上に達したものもあつたが，夏季に入つて全く死滅した (Fig. 6, A∼B, Plate VIII, 6∼9)。

尚，この発生体の細胞や色素体などは，正常に発芽した芽胞体の場合と何ら相違するところは認められなかつた。

2. 光線の強さの影響 (Table 1)

前報の配偶体発生においては，やや弱光下の方が最も発生はやく，又，生残率が暗室を除いて，光線の強い所程低いことなど，これまでのワカメの場合の報告に大体一致していることを認めたが，本実験の結果は次のようである。

前述の越夏配偶体 (Fig. 1, A∼D, Plate VI, 1) が，成熟してくる過程において，その各所の球状細胞から細長く分割，伸長した糸状の細胞の部分が，明光下では色素体が減少して次第に脱色し，細胞が死滅して，その部分が消失してしまい，球状に肥厚した細胞だけ

Table 1. The development of sporophytes of *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA in different light intensity.
(Water temperature 21.0°C → 15.0°C)

Light intensity \ Days passed (Date)	1 (X-14, 1957)	3	4	5 (X-19)	7	8	10 (X-24)	14	15 (X-29)	17	20 (XI-3)	24	25 (XI-8)	28	30 (XI-13)	35 (XI-18)	120 (III-13, 1958)
a) about 4800 lux			(♂, ♀) mature		egg-cells					5 cells s.r.* (20%)						l.s. 60μ s.r. (5%)	s.r. (0%)
b) 〃 2500 〃		(♂) mature	(♀) mature			egg-cells		5 cells			l.s.** 60μ				rhizoid	l.s. 200μ s.r. (70%)	s.r. (0%)
c) 〃 1200 〃		(♂) mature		(♀) mature			egg-cells			5 cells		l.s. 60μ				l.s. 110μ s.r. (30%)	s.r. (50%)
d) 〃 300 〃					(♂) mature	(♀) mature		egg-cells						5 cells		l.s. 60μ s.r. (80%)	s.r. (70%)
e) 〃 20 〃								(♂, ♀) mature a little								mature a little s.r. (70%)	s.r. (70%)
f) 〃 0 〃																immature s.r. (70%)	s.r. (20%)

* Survival rate.
** Length of sporophyte which excepted rhizoids. (on the average)

が成熟してゆくのに反し，暗光下になるにつれて，その糸状細胞の部分もやがて充実して成熟するようになる。

又，明光下及び高温下などの雄性配偶体において，全く成熟しているような形態であつても，正常な精虫が殆んど游出されず，しばしば球状の色素体などが押し出されるが，一見して正常な成熟と判別し難い場合もあつた。

一般には雌性に比べ，雄性配偶体の成熟が幾分はや目に行われる。

最初の卵細胞の分裂頃までは明光下程，発生がはやいが，4800 lux 附近では初めから生残率も低く，成長のはやいものが多く斃死するので，発生の速度も平均においては次第に遅くなる結果となる。

芽胞体初期の成長を全般的に見て，2500 lux 附近が最もよく，発芽後，約1ヶ月で平均体長（仮根の部分を除く）200μ となる。それ以下では暗くなる程遅く，20 lux 程度では幾分成熟の形態をとる程度で，殆んど芽胞体の発芽を見るまでに達しない。又，暗室では越夏した配偶体から殆んど成長しない。

尚，夫々，同一光条件下，各個体間における発生速度の差異は明光下程大きい傾向が認められる。水温が 14.0°C 以下に下降する頃から，色素体も減少して，色も薄くなり，成長も非常に遅く，やがて殆んど成長しなくなる。そして，明光下のヒロメでは或程度成長した殆んどの幼芽胞体が，その頂端附近の体細胞が崩れたり，萎縮するように多少弯曲したりするのが見られたが (Plate VIII, 5)，ワカメではそのような現象が全く見られなかつた。

本実験開始後 35 日目までの生残率は 4800 lux における約 5% の外は 70〜80% で大差ないが，その後，放置したまま冬（最低水温約 5.0°C）を越すと，20〜300 lux 附近が最も生残率よく（約 70%）又，色素体多く最も濃い褐色を呈している。そして或程度の大きさに達したものも頂端部が崩れてくるようなこともなく，生残していることが見られた。又，概略的には，ワカメと比較した場合，一般に発生の速度はヒロメの方が，やや遅く，生残率も多少低い結果が得られた。

総括及び考察

前報においてヒロメの配偶体発生とそれに及ぼす光の強さの影響等について報告し，ワカメなどの場合と比較して，顕著な相違が認められないことを述べたが，その後，引続き実験室で越夏させた配偶体を用いて，同様に培養実験を行い，更に配偶体の成熟・芽胞体の発芽等に関して，ワカメと共に比較観察した。その概略は次のようである。

1) 越夏した配偶体の色素は同一条件下で一般にヒロメでは濃い褐色であるに比し，ワカメでは茶褐色を呈する。

2) 蔵卵器の形成において，ヒロメでは密生し易いが，ワカメでは比較的疎生である。これは環境条件の相違にも或程度影響されるかも知れない。

4) ヒロメで，しばしば叉状に分岐した蔵卵器が見られたが，それの卵細胞の形成は観察できなかつた。

4) 神田 (1936) の報告しているマコンブなどと同様にヒロメでは十数細胞の幼芽胞体で，仮根の伸出が見られ，ワカメでは数十細胞となつてから伸出した。

5) 蔵卵器から卵細胞が押出された後の中空の部分に配偶体の細胞が伸長してきて，芽

胞体の基部に到達すると，そこから彎曲して，更に側壁を破つて外部に突き出るような現象をワカメについて神田 (1935) が報じているが，本実験においてはワカメと共にヒロメについても観察された。

6) 又，神田 (1946) は，チヂミコンブで，本実験のヒロメの単為的発生体と非常によく似た形態の発生体を観察しているが，チヂミコンブの場合は卵細胞形成後，幼芽胞体が畸形的な発育を行つたものであり，ヒロメの場合は配偶体の成熟以前に発生し始めた点で相違するものと考えられる。

7) 光の強さの影響において，明光下 (約 4800 lux) では生残率低く，発生速度も次第に遅れ，各個体間の発生速度の差異も大きい。やや，弱光下 (1500～2000 lux) が，全般的に見て最も好適のようで，暗室では発生しない。そして，低水温下及び高水温下に放置した時の生残率は暗光下 (20～300 lux) の方が明光下より高い。これらの点についてはワカメもヒロメの場合とよく似た傾向を示した。

8) 又，暗光下などの発生速度の遅いものでは，蔵卵器が形成されても，水温が好適範囲以下に下降してしまうと卵細胞を形成することなく，棍棒状の蔵卵器が再び分割され，成熟前の雌性配偶体に戻つてしまうようである。

9) ヒロメでは，ワカメに比し，一般に生残率やや低く，発生速度も多少遅い。そして水温約 14.0°C 以下では両種，殆んど成長が止り，ヒロメでは幼芽胞体の頂端附近の細胞が崩れてくる。このことから，ヒロメの方が比較的低水温に弱いのではないかと推察される。

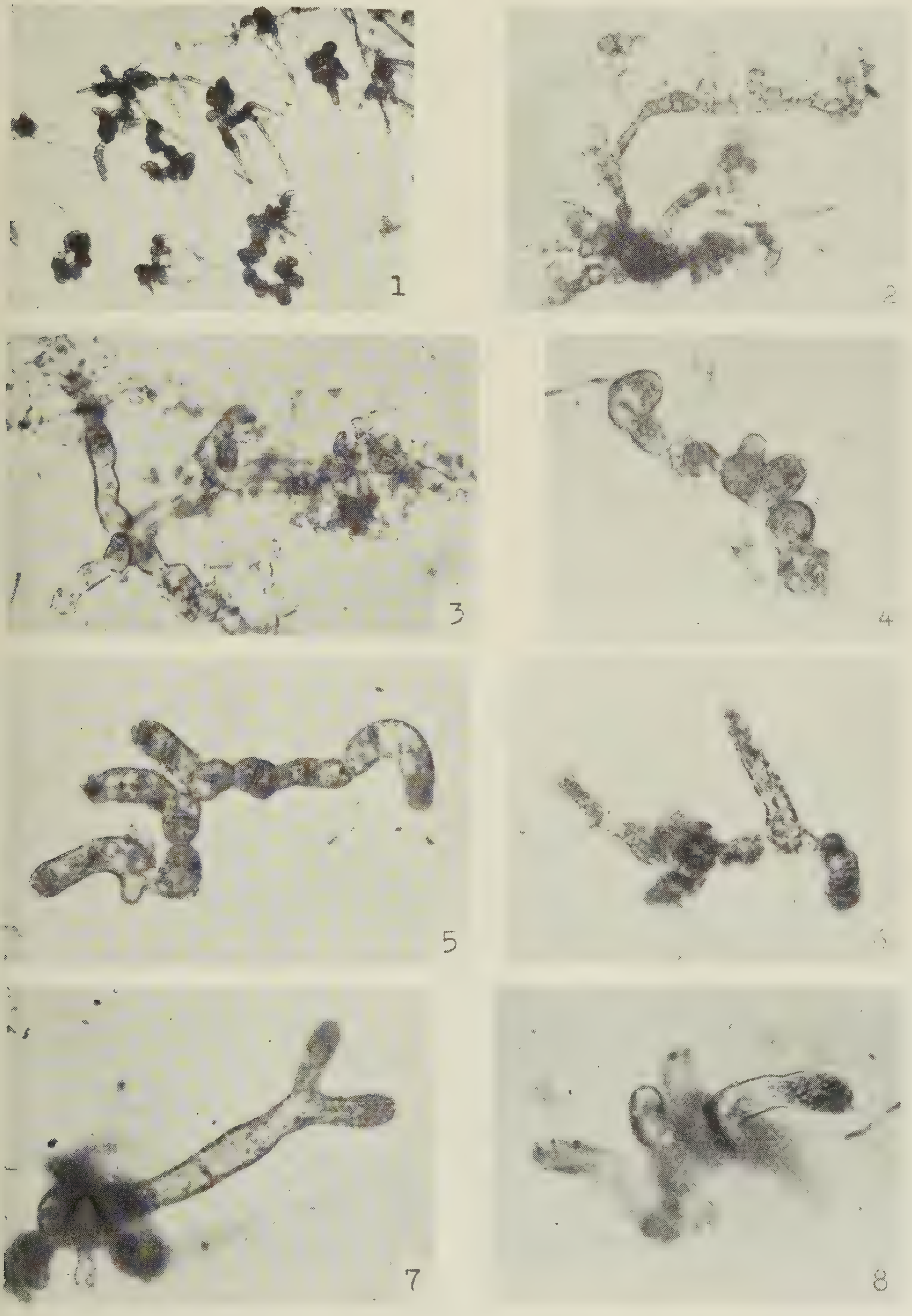
以上の如くであるが，コンブ科植物の発生形態・速度並びに生残率等については，これまでにも多くの研究者によつて実験観察され，又，研究されつつあつて，それらが環境条件によつて，少なからず影響され易いことも等しく認められているところである。

従つて，本実験において観察されたヒロメの発生形態及びそれに及ぼす光の強さの影響等については，更に他の環境条件との関係をも必要とし，今後の研究に期するところが多い。

文　献

1) 新崎盛敏: 海藻胞子の発芽・生育に及ぼす光の影響に関する二，三の実験., 日水会誌 19 (4), 1953.
2) DELF, E. M. and LEVYN, M.: Reproduction in *Macrocystis pyrifera* AG., Ann. of Bot. 40, 1926.
3) HARRIES, R.: An investigation by cultural methods of some of the factors influencing the development of the gametophytes and early stages of the sporophytes of *Laminaria digitata*, *L. saccharina* and *L. cloustoni*., Ann. of Bot. 46, 1932.
4) IKARI, J.: Development of *Laminaria religiosa* MIYABE., Bot. Mag. Tokyo. 35, 1921.
5) ————: On the culture of the swarmspores of *Ecklonia bicyclis Kjellm.*, Jour. of Fish. 29, 1927.
6) 神田千代一: 二，三の昆布科植物の配偶体に就いて (予報), 北大海藻研報, 1, 1933.
7) ————: 二，三の昆布科植物の配偶体に就いて (2報), 北大海藻研報, 4, 1935.
8) ————: On the Gametophytes of Some Japanese Species of Laminariales. I-V., Sci. Pap. Inst. Alg. Res. Hokkaido Imp. Univ. 1～3, 1936～1944.
9) ————: 暖海産昆布科植物の游走子培養に就いて., 服部研報, 8, 1939.
10) 木下虎一郎: コンブとワカメの増殖に関する研究., 北海道浅海水族の増殖に関する研究, 1, 北方出版社, 1947.

11) 黒木宗尚・秋山和夫: ワカメの生態及び養殖に関する研究., 東北区水研々報, 10, 1957.
12) KYLIN, H.: Ueber den Generationswechsel bei *Laminaria digitata.*, Svensk. Bot. Tidsskr. 10, 1916.
13) MIYAKE, K.: On the Sexual Generation of Japanese Laminariaceae., Proc. 3rd Pan. Pacific Congr. Tokyo. 2, 1922～23, 1928.
14) 岡村金太郎: わかめの生殖法., 植雑, 36, 1890.
15) ————: *Undaria* and its Species., Bot. Mag. 29 (346), 1915.
16) ————: 日本海藻誌., 1936.
17) OLTMANNS, F.: Morphologie und Biologie der Algen. III. 1922.
18) PRINTZ, H.: Ueber den Generationswechsel bei den *Alaria* det norwegischen Westküste., Det. Kgl. Norske Vidensk. Selb. Skrif. Nr. 1, 1922.
19) 斎藤雄之助: ワカメの生態に関する研究. I, II 報., 日水会誌, 22 (4), 1956.
20) ————: ワカメの養殖について., 水産増殖, 5 (3), 1958.
21) SCHREIBER, E.: Untersuchungen über Parthenogenesis, Geschlechtsbestimmung und Bastardierung svermögen bei Laminarien., Planta. Bd. 12, 1930.
22) SEGI, T. and KIDA, W.: Studies on the Development of *Undaria undarioides* (YENDO) OKAMURA (I)., Rep. Fac. Fish. Mie Pref, Univ. 2 (3), 1957.
23) 須藤俊造: 昆布科植物の游走子の放出運動並びに着生. (海藻の胞子付けの研究第 1 報)., 日水会誌, 13 (4), 1948.
24) ————: ワカメ・カヂメ及びアラメの游走子の放出について. II. (海藻の胞子付けの研究第 13 報)., 日水会誌, 18 (1), 1952.
25) UEDA, S.: On the temperature in relation to the development of the Gametophyte of *L. religiosa* MIYABE., Jour. Imp. Fish Inst. Tokyo. 24 (5), 1929.
26) WILLIAMS, J. L.: The gametophytes and fertilization in *Laminaria* and *Chorda.*, Ann. of Bot. 35, 1921.
27) 遠藤吉三郎: 海産植物学., 1913.


1
2
3
4
5
7
8

Explanation of the Plate VI.

Undaria undarioides (YENDO) OKAMURA.

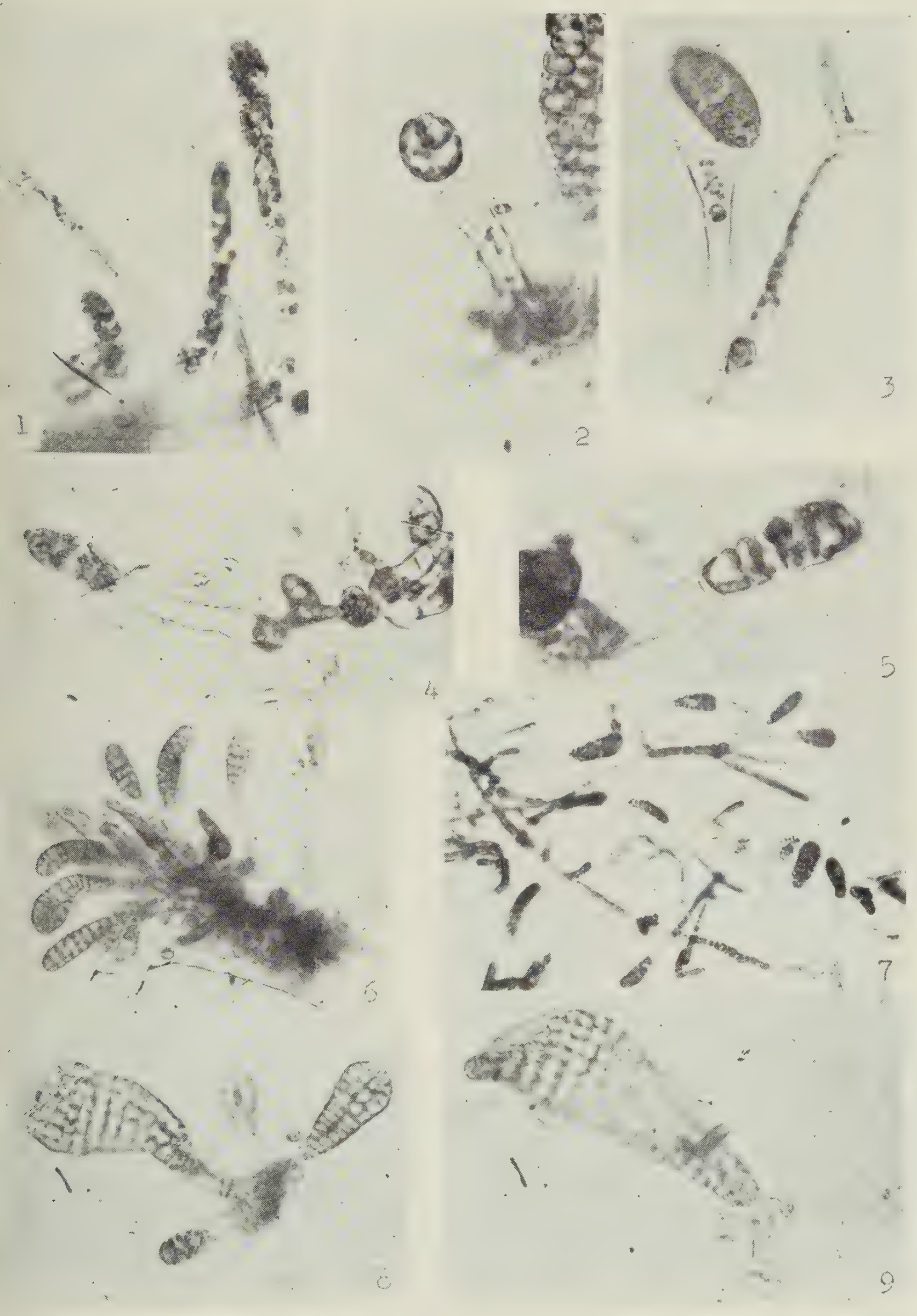
1. Gametophytes which passed through the summer. At this stage the distinction between male and female gametophytes could not often observed. (October 10, 1957) × 120.

2～3. Mature male gametophytes with profusely branched filaments. Clusters of antheridia may be observed at the tips of the branches. (October 18) × 450.

4～6. Female gametophyte matured a little. (October 18) × 500.

7. Female gametophyte with bifurcate oogonium. (October 22) × 500.

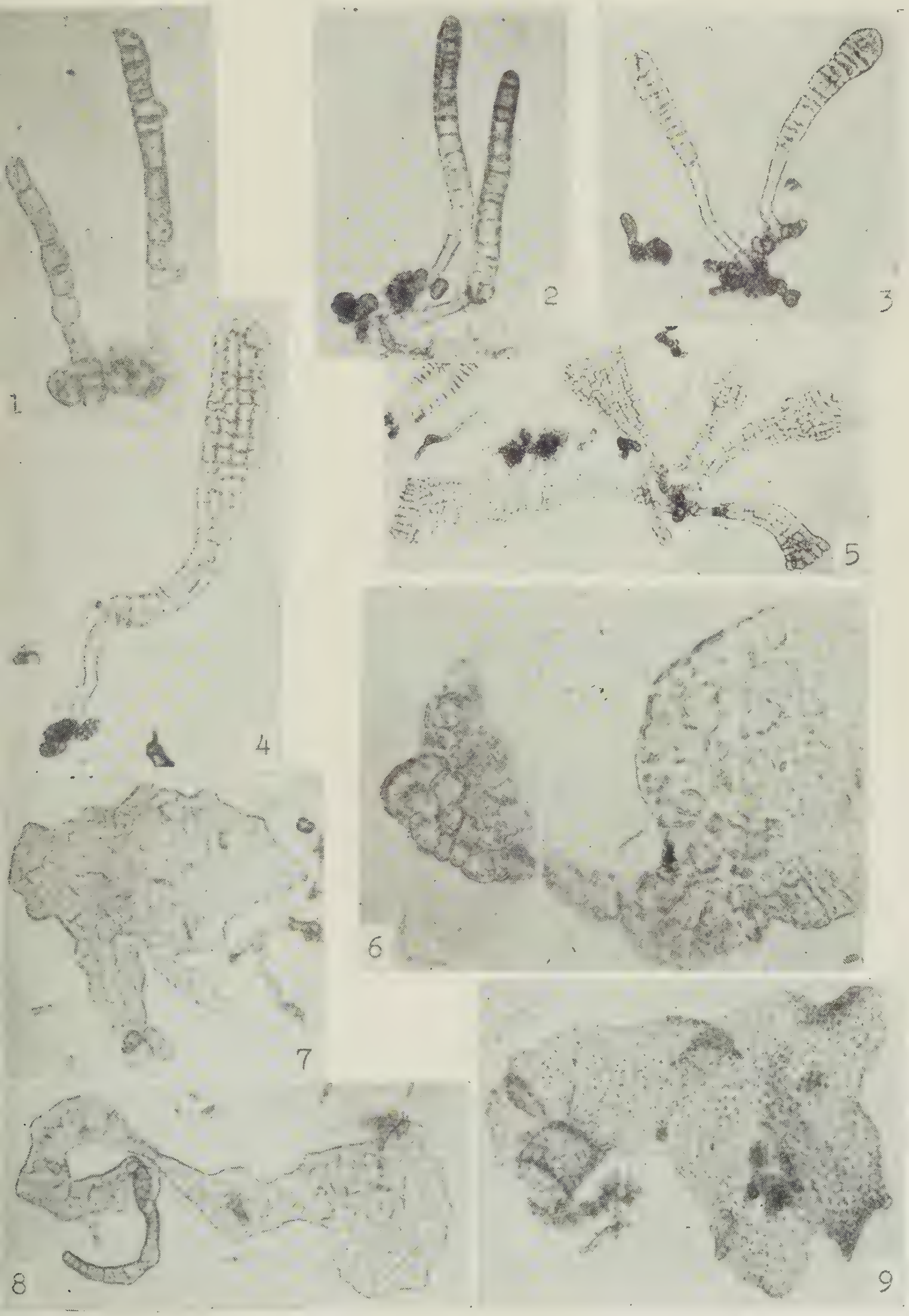
8. Female gametophyte bearing mature oogonia. The chromatophores of the oogonial cell are divided into small pieces, and are crowded together, with their long axes parallel to that of the oogonium. (October 22) × 500.


1
2
3
4
5
6
7
8
9

Explanation of the Plate VII.

Undaria undarioides (YENDO) OKAMURA and
Undaria pinnatifida SURINGAR

1. Female gametophyte at maturity. (*U. pinnatifida*) (October 20) × 500.
2. An egg resting on the opening of the oogonium. (October 22) × 500.
3. An egg separated from the opening of the oogonium. (*U. pinnatifida*) (October 22) × 500.
4. Young sporophyte developed from female gametophyte, from a culture 3 days old after egg-cells developed. × 500.
5. Young sporophyte, from a culture 12 days old after egg-cells developed. × 500.
6. Oogonia and young sporophytes grew thickly, from a culture 22 days old after egg-cells developed. × 200.
7. Oogonia and young sporophytes grew thinly, from a culture 12 days old after egg-cells developed. (*U. pinnatifida*) × 150.
8. Female gametophyte with four young sporophytes, from a culture 22 days old after egg-cells developed. × 200.
9. Young sporophyte with several rhizoids, from a culture 27 days old after egg-cells developed. × 200.


1
2
3
4
5
6
7
8
9

Explanation of the Plate VIII.

Undaria undarioides (YENDO) OKAMURA.

1. Oogonia occurred cell-division without development of egg-cells. (November 18, 1957) × 400.

2～3. Young sporophytes developed the first rhizoid, from a culture 27 days old after egg-cells developed. × 150.

4. Young sporophyte with a rhizoid, from a culture 38 days old after egg-cells developed. × 200.

5. The vegetative cells near the apex of the young sporophytes were destroyed at below about 14.0°C, from a culture 38 days old after egg-cells developed. × 100.

6. Female gametophyte seems to parthenogenetical developed, from a culture 40 days old. (May 24, 1957) × 600.

7～8. Female gametophyte seems to parthenogenetical developed, from a culture 46 days old. (May 30) × 150.

9. Female gametophyte seems to parthenogenetical developed, from a culture 46 days old. (May 30) × 60.

Report of Faculty of Fisheries,
Prefectural University of Mie,
Vol. 3, No. 1, October 30, 1958.

魚群探知機の記録から見た片口鰮魚群の生態について（予報）

野々田得郎
（三重県立大学水産学部）

Preliminary Note on the Behaviors of Anchovy Schools

(*With 4 Text-figures*)

Tokuro NONODA
(Faculty of Fisheries, Prefectural University of Mie)

Résumé

The investigation on the behaviors of anchovy schools which approach to the net (Batti-Ami) were carried out by means of fish finder. The results are summarized as follows.

1) When anchovy schools which are swimming near the depth of the head rope approach to the wing nets, some of them do not change their swimming depth and others are apt to sink downwards.

2) Most ancovy schools swimming at the depth much less than that of the head rope keep their depth when they approach to the wing nets.

魚群探知機による魚群の生態の研究は今迄にかなり見られるが[1)~5)]，漁具に対する魚群の行動については野村の研究[6)]の外には余り見られない。野村は日本海の刺網漁業において魚群探知機を用い大羽鰮魚群の動きを追求して，魚群の進路の前面に刺網を投じた場合に魚群は下方に向う傾向のある事を見た。筆者は 1957 年の盛漁期に主として伊勢湾中部で操業したバッチ網漁船の魚探記録を集録して，バッチ網に対する片口鰮魚群の行動について検討した。本研究を行うにあたつて御指導及び論文の御校閲をいただいた本学宮崎千博助教授に対して謝意を表する。なお研究費の一部は文部省科学研究助成金によつた事を附記する。

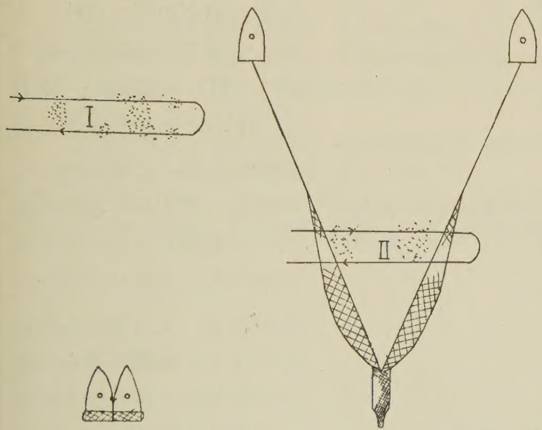


Fig. 1. Showing the movement of the fishing boat with fish finder.
I : When the fish schools are detected.
II : When the fish schools approach to the wing nets.

バッチ網に対する魚群の行動を見るために魚探船は次に示すような二つの方法をとつた。即ち， イ）魚群発見時と投網後曳網が進んで魚群像が袖網（袖先）附近に現われた時は図 1 に示す様な行動を取る。ロ）発見時の主魚群を追跡した場合の中，可能の場合は

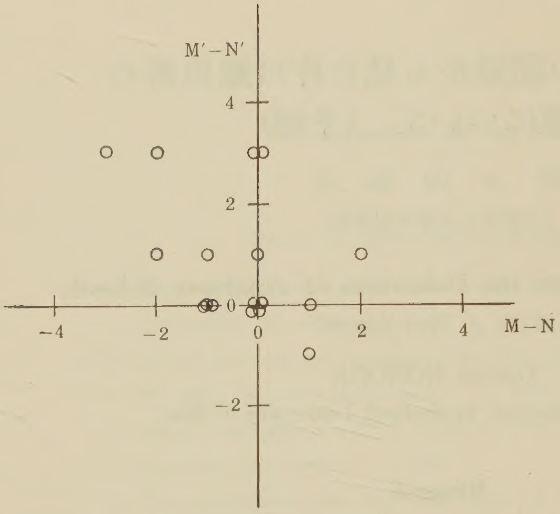


Fig. 2　The relatian between M-N and M′-N′
The number of the fish schools, depths of which are deeper than that of the head rope when the fish schools were detected and when the fish schools approach to the wing nets are expressed by M and N respectively. The number of the fish schools, depths of which are shallower than that of the head rope when the fish schools were detected and when the fish schools approach to the wing nets are expressed by M′ and N′ respectively.

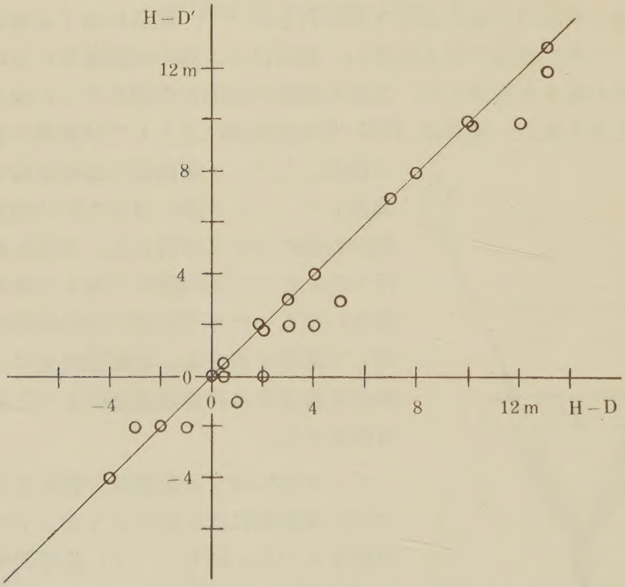


Fig. 3　The relation between H-D and H-D′
H :　The depth of the head rope
D :　The depth of the fish schools when were detected
D′:　The depth of the fish schools approaching to the wing nets

主魚群が袖網中程及び奥袖(嚢網ロ附近)に来る迄追跡する。

集録した魚探記録から魚探船が（イ）の行動をとつた場合には野村の例にならつて魚群発見時及び投網後曳網が進んで魚群が袖網に近づいた時の魚群の深さ(魚群像の上端の深さ)並びに袖網の浮子綱の深さを測定し，夫々の場合について浮子綱以浅の魚群の数と浮子綱以深の魚群の数をかぞえ，浮子綱以浅と浮子綱以深について魚群発見時の場合の夫々の数から投網後魚群が袖網に近づいた場合の夫々の数を差し引いたものを求め両者の関係を見ると図 2 の様になる。次に魚探船の行動が（ロ）の場合には，魚探記録から発見時の魚群の深さ(D)，投網後曳網が進んで魚群が袖網中程に来た場合の深さ(D′)，及びこの場合の袖網浮子綱の深さ (H) を測定し，H-D と H-D′ の値を求め両者の関係を見ると図 3 のようになる。図 2 から袖網に近づいた魚群は下方に沈下する傾向のある事がややうかがわれる。又図 3 から発見時の深さが曳網が進んだ場合の袖網浮子綱の深さに近い魚群は袖網に近づいた時に下方に沈下する傾向を示す魚群と，深さを変えない魚群のある事及び発見時に

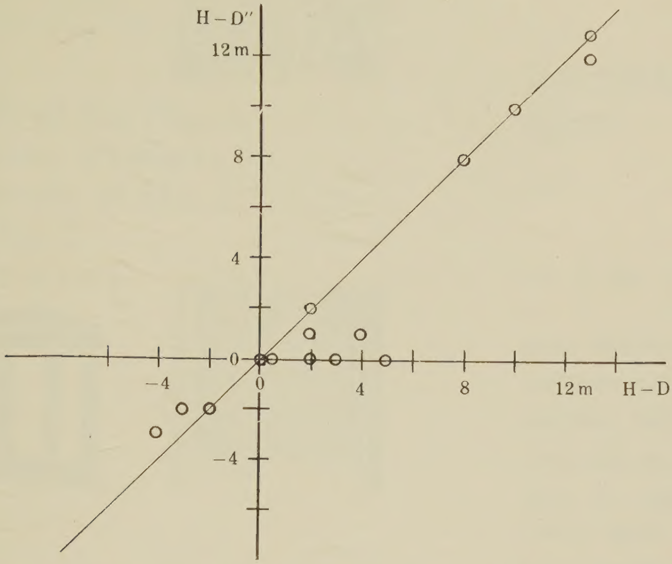


Fig. 4 The relation between H-D and H-D″
H and D are the same as in Fig. 3
D″ is the depth of the fish schools coming near the mouth of the bag net.

浮子綱よりかなり上方にいる魚群は袖網に近づいてもその深さをほとんど変えない場合が多い事が解る。魚群が更に進んで奥袖附近に来た場合の深さ (D″) を測定して H–D と H–D″ の関係を見ると図 4 の様になり，浮子綱に近い深さを示す魚群がやや多くなる。

文　　献

1. 大渡・古野・古野 (1953)，魚群探知機によるアジ群の生態について，日水会誌，18 (8).
2. 大渡・古野・古野 (1953)，魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態，同上，18 (12).
3. 大渡・古野 (1954)，魚群探知械の記録から見たイワシ群の生態（Ⅱ）水温に影響さそた場合の魚探記録，同上，19 (11).
4. 大渡・松本・木村 (1954)，魚群探知機の記録から見たイワシ群の生態（Ⅲ）外敵の攻撃より逃避するイワシ群の魚探記録，同上，19 (12).
5. 高　倉 (1954)，魚群探知機によるスケトウダラ産卵群の生態について，同上，20 (1).
6. 野　村 (1956)，進路の前に位置した網に対する魚群の行動，ていち 第 10 号.